

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie**

**Racionalizace procesu frézování podvozkového  
komponentu**

**Rationalisation Milling Process of the Chassis Component**

**Student:**

**Filip Kowalovski**

**Vedoucí bakalářské práce:**

**Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.**

**Ostrava 2017**

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Filip Kowalovski**

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2303R002 Strojírenská technologie

Téma:

Racionalizace procesu frézování podvozkového komponentu  
Rationalisation Milling Process of the Chassis Component

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Teoretický rozbor problematiky.
3. Návrh nového řešení.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

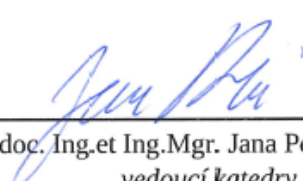
- [1] KOCMAN, K.; PROKOP, J. *Technologie obrábění*. Brno : Akademické nakladatelství CERM s.r.o. Brno. 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
- [2] VASILKO, K.; NOVÁK-MARCINČIN, J.; HAVRILA, M. *Výrobné inženýrství*. Prešov : Datapress Prešov. 2003, 424 s. ISBN 80-7099-995-0.
- [3] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. s. 343. ISBN 978-80-3070-711-8.
- [4] HUMÁR, A. *Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění*. Brno : CCB, s.r.o. Brno, 1995. 265 s. ISBN 80-85825-10-4.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017

  
doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty



### **Místopřísežné prohlášení studenta**

**Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.**

**V Ostravě:** .....15.5.2017.....

.....Kovářská.....

**Podpis studenta**

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15.5.2017 .....

Kowalowski .....

Podpis

Jméno a příjmení autora práce: Filip Kowalovski

Adresa trvalého pobytu autora práce: Mosty u Jablunkova 1054

## **Poděkování**

Děkuji Ing. Jiřímu Kratochvílovi, Ph.D. za vedení, cenné rady a dobré nápady k bakalářské práci. Dále bych chtěl poděkovat zaměstnancům firmy Brembo, a to zvláště panu Renému Grabiášovi za poskytnutí všech důležitých dokumentů potřebných k psaní práce a taky Ing. Viktoru Uhláři, Ph.D. za zprostředkování tématu práce. Nakonec bych chtěl poděkovat rodičům a přítelkyni za podporu.

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

**KOWALOVSKI, F. *Racionalizace procesu frézování podvozkového komponentu: bakalářská práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2017, 56 s. Vedoucí práce: Kratochvíl, J.**

Bakalářská práce se zabývá zefektivněním výroby. Především se věnuje porovnávání nástrojů k obrábění podvozkového komponentu u terénního automobilu. Na základě informací poskytnutých firmou Brembo jsou posuzovány a vyhodnocovány nástroje starého a nového typu. Nejdříve proběhne seznámení s problematikou. Poté následuje představení nového řešení a jako nakonec se práce věnuje technicko – ekonomickému vyhodnocení obou nástrojů, ve kterém se prokáže, který nástroj je lepší a užitečnější a zda plní požadovaný účel. Výkresová dokumentace je dostupná v příloze bakalářské práce.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

**KOWALOVSKI, F. *Rationalisation Milling Proces of the Chassis Component: bachelor thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering Metrology, 2017, 56 p. Thesis supervisor: Kratochvíl, J.**

The bachelor thesis deals with streamlining the production. It is mainly focused on a comparison of cutting tools designed for chassis component of off-road vehicle. According to the information provided by Brembo, the new type of tool is assessed and evaluated together with the old one. The first part of the thesis presents the issue and subsequently the new solution. Finally, there is a technical-economic evaluation of both tools. It ascertains which of these types is better, more useful and whether it fulfils the required task. The drawing documentation is available in the appendix of the bachelor thesis.

<b>OBSAH.....</b>	
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....</b>	<b>8</b>
<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>12</b>
1.1 SEZNÁMENÍ S FIRMOU BREMBO .....	12
<b>2. TEORETICKÝ ROZBOR PROBLEMATIKY .....</b>	<b>14</b>
2.1 ANALÝZA PROBLÉMU .....	14
2.2.1 Obráběný díl.....	15
2.2.2 Obráběné plochy.....	16
2.3 OBRÁBĚCÍ NÁSTROJ.....	16
2.4 OBRÁBĚCÍ CENTRUM .....	17
2.5 SLINUTÉ KARBIDY .....	18
2.5.1 Seznámení se slinutými karbidy .....	18
2.5.2 Nepovlakované Slinuté karbidy.....	18
2.5.3 Povlakované slinuté karbidy .....	20
2.5.4. Řezné podmínky.....	21
2.5.5. Používaný slinutý karbid .....	22
2.5.6. Řezné podmínky pro starý nástroj .....	22
2.6 HLINÍK A JEHO SLITINY.....	23
2.6.1 Charakteristika hliníku .....	23
2.6.2 Druhy hliníku .....	23
2.6.3 Obrobitelnost hliníku .....	24
2.6.4 Slitina pro výrobu podvozkového dílu .....	25
2.7 OPOTŘEBENÍ NÁSTROJE.....	25
2.8 TRVANLIVOST .....	26
<b>3. NÁVRH NOVÉHO ŘEŠENÍ.....</b>	<b>28</b>
3.1 POPIS NOVÉHO NÁSTROJE .....	28
3.2 OBRÁBĚNÍ NÁSTROJEM Z PKD.....	28
3.3 SYNTÉZA PKD.....	30
3.3.1 Metoda HPHT.....	30
3.3.2 Metoda CVD.....	31
3.4 NOVÝ NÁSTROJ .....	32
3.4.1 Testování nástroje nového typu.....	32
3.4.2 Řezné podmínky pro nový nástroj.....	32
Použity byly následující řezné podmínky:.....	32
3.4.3 Shrnutí výsledků .....	32
3.5 POROVNÁNÍ NÁSTROJŮ.....	33
3.5.1 Vlastnosti nástrojů .....	33
3.5.2 Vizuální porovnání .....	34

3.5.3 Fréza starého typu .....	34
3.5.4 Fréza nového typu.....	34
<b>4. TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ .....</b>	<b>35</b>
4.1 POČET VYROBENÝCH KUSŮ.....	35
4.1.1 Počet kusů vyrobených za jednotlivé měsíce .....	35
4.1.2 Počet vyrobených jednotlivých typů „LR Braccio“ .....	35
4.1.3 Počet vyrobených kusů „LR Braccio“ .....	36
4.1.4 Počet vyrobených kusů „LR Braccio“ v jednotlivých měsících.....	37
4.1.5 Průměr vyrobených kusů za měsíc .....	37
4.2 POČET KUSŮ PŘIPADAJÍCÍCH NA NÁSTROJ.....	38
4.2.1 Nástroj starého typu .....	38
4.2.2 Nástroj nového typu .....	38
4.3 STANOVENÝ POČET VYROBENÝCH KUSŮ .....	38
4.3.1 Nástroj starého typu .....	38
4.3.2 Nástroj nového typu .....	38
4.4. VÝPOČET CENY NA KUS PŘI PŘEDPOKLÁDANÝCH PODMÍNKÁCH A VÝROBĚ NA NERENOVANÉM NÁSTROJI .....	38
4.4.1 Nástroj starého typu .....	38
4.4.2 Nástroj nového typu .....	39
4.5 VÝPOČET CENY NA KUS PŘI PŘEDPOKLÁDANÝCH PODMÍNKÁCH A VÝROBOU RENOVANÝM NÁSTROJEM .....	41
4.5.1 Nástroj starého typu .....	41
4.5.2 Nástroj nového typu .....	41
4.6 VÝPOČET CENY NA KUS PŘI SKUTEČNÝCH PODMÍNKÁCH A VÝROBOU NERENOVANÝM NÁSTROJEM .....	42
4.6.1 Nástroj starého typu .....	42
4.6.2 Nástroj nového typu .....	43
4.7 VÝPOČET CENY NA KUS PŘI SKUTEČNÝCH PODMÍNKÁCH A VÝROBOU RENOVANÝM NÁSTROJEM.....	44
4.7.1 Nástroj starého typu .....	44
4.7.2 Nástroj nového typu .....	45
4.8 POROVNÁNÍ ŽIVOTNOSTI, URČENÍ POČTU NÁSTROJŮ A STANOVENÍ CENY U NOVÉHO I STARÉHO TYPU NÁSTROJE .....	45
4.8.1 Porovnání životnosti nástrojů .....	45
4.8.2 Určení počtu nástrojů starého typu potřebných k výrobě ročního množství kusů .....	46
4.8.3 Určení počtu nástrojů nového typu potřebných k výrobě ročního množství kusů.....	47
4.8.4 Porovnání cen při výrobě ročního množství kusů – Starý typ nástroje.....	47
4.8.5 Porovnání cen při výrobě ročního množství kusů – nástroj nového typu .....	48
4.8.6 Porovnání cen při výrobě ročního množství kusů .....	49
pouze renovovanými nástroji starého typu .....	49
4.8.7 Porovnání cen při výrobě ročního množství kusů .....	49
pouze renovovanými nástroji nového typu .....	49
4.9 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ .....	50
<b>5. ZÁVĚR.....</b>	<b>53</b>



## Seznam použitých zkratek a symbolů

<b>BD</b>	břitové destičky
<b>VBD</b>	vyměnitelné břitové destičky
<b>PBD</b>	pájené břitové destičky
<b>CNC</b>	Computer Numerical Control (číslicové řízení pomocí počítače)
<b>Ra</b>	drsnost povrchu [ $\mu\text{m}$ ]
<b>HSK</b>	Hohl Schaft Kegel (dutý upínač)
<b><math>f_n</math></b>	posuv na otáčku [ <b>mm</b> ]
<b><math>v_c</math></b>	řezná rychlost [ <b>m.min<sup>-1</sup></b> ]
<b>n</b>	otáčky [ <b>min<sup>-1</sup></b> ]
<b>T</b>	trvanlivost [ <b>min</b> ]
<b>h</b>	hloubka třísky [ <b>mm</b> ]
<b><math>C_T</math></b>	konstanta
<b><math>C_v</math></b>	konstanta
<b>m</b>	exponent (míra závislosti řezné rychlosti na trvanlivosti)
<b>VB</b>	velikost opotřebení
<b>PKD</b>	Polykrystalický Diamant
<b>NK</b>	neželezné kovy
<b>GPa</b>	Giga pascal
<b>MPa</b>	Mega pascal
<b>HV</b>	Tvrdost dle Vickerse
<b>K<sup>-1</sup></b>	Kelvin
<b>W</b>	Watt
<b>E</b>	modul pružnosti v tahu [ <b>GPa</b> ]

<b>HPHT</b>	High Pressure High Temperature (Vysoký Tlak Vysoká Teplota)
<b>l</b>	délka [mm]
<b>Ø</b>	průměr [mm]
<b>€</b>	Euro
<b>Kč</b>	Koruna česká
<b>SK</b>	slinutý karbid
<b>WC</b>	karbid wolframu
<b>TiC</b>	karbid titanu
<b>Co</b>	kobalt
<b>TaC</b>	karbid tantalu
<b>NbC</b>	karbid niobu
<b>Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub></b>	karbid chromu
<b>TiN</b>	nitrid titanu
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	oxid hlinitý
<b>CVD</b>	Chemical Vapour Deposition (Chemická depozice z plynné fáze)
<b>CH<sub>4</sub></b>	methan
<b>LRB</b>	vyrobený počet kusů LR Braccio
<b>Pk</b>	průměrný počet kusů
<b>C<sub>SN</sub></b>	cena nástroje starého typu [€]
<b>C<sub>NN</sub></b>	cena nástroje nového typu [€]
<b>Cr<sub>s</sub></b>	cena renovace nástroje starého typu [€]
<b>Cr<sub>N</sub></b>	cena renovace nástroje nového typu [€]
<b>Ck<sub>SN</sub></b>	cena za kus při obrábění nástrojem starého typu [€]

<b>Ck<sub>SR</sub></b>	cena za kus při obrábění renovovaným nástrojem starého typu [€]
<b>Ck<sub>NN</sub></b>	cena za kus při obrábění nástrojem nového typu [€]
<b>Ck<sub>NR</sub></b>	cena za kus při obrábění renovovaným nástrojem nového typu [€]
<b>Pk<sub>PS</sub></b>	předpokládaný počet kusů obrobených nástrojem starého typu za stanovenou trvanlivost
<b>Pk<sub>PSR</sub></b>	předpokládaný počet kusů obrobených renovovaným nástrojem starého typu za stanovenou trvanlivost
<b>Pk<sub>PN</sub></b>	předpokládaný počet kusů obrobených nástrojem nového typu za stanovenou trvanlivost
<b>Pk<sub>PNR</sub></b>	předpokládaný počet kusů obrobených renovovaným nástrojem nového typu za stanovenou trvanlivost
<b>Pr<sub>SN</sub></b>	počet kusů obrobených ročně nástrojem starého typu
<b>Pr<sub>NN</sub></b>	počet kusů obrobených ročně nástrojem nového typu
<b>Rs<sub>SN</sub></b>	roční spotřeba nástrojů starého typu
<b>Rs<sub>NN</sub></b>	roční spotřeba nástrojů nového typu
<b>SPk<sub>PS</sub></b>	skutečný počet kusů obrobených nástrojem starého typu za stanovenou trvanlivost
<b>SPk<sub>PSR</sub></b>	skutečný počet kusů obrobených renovovaným nástrojem starého typu za stanovenou trvanlivost
<b>SPk<sub>PNR</sub></b>	skutečný počet kusů obrobených renovovaným nástrojem nového typu za stanovenou trvanlivost
<b>SPr<sub>SN</sub></b>	skutečný počet kusů ročně obrobených nástrojem starého typu
<b>SRs<sub>SN</sub></b>	skutečná roční spotřeba nástrojů starého typu
<b>SPk<sub>PS</sub></b>	skutečný počet kusů obrobených nástrojem starého typu za stanovenou trvanlivost

<b>SP<sub>kPN</sub></b>	skutečný počet kusů obrobených nástrojem nového typu za stanovenou trvanlivost
<b>SCK<sub>SN</sub></b>	skutečná cena za kus při obrábění nástrojem starého typu [€]
<b>SCK<sub>NN</sub></b>	skutečná cena za kus při obrábění nástrojem nového typu [€]
<b>SCK<sub>SR</sub></b>	skutečná cena za kus při obrábění nástrojem starého typu [€]
<b>SCK<sub>NR</sub></b>	cena za kus při obrábění nástrojem nového typu [€]
<b>T<sub>S</sub></b>	průměrná trvanlivost nástroje starého typu [min]
<b>T<sub>N</sub></b>	průměrná trvanlivost nástroje nového typu [min]
<b>P<sub>K</sub></b>	počet kusů vyrobených za rok 2016
<b>P<sub>T</sub></b>	porovnání trvanlivostí
<b>P<sub>NS</sub></b>	počet nástrojů starého typu potřebných k výrobě (starý typ)
<b>P<sub>NN</sub></b>	počet nástrojů nového typu potřebných k výrobě (nový typ)
<b>Cn<sub>KS</sub></b>	cena za nové nástroje potřebné k obrobení ročního množství kusů [€]
<b>Cn<sub>KN</sub></b>	cena za nové nástroje potřebné k obrobení ročního množství kusů [€]
<b>Cnd<sub>KS</sub></b>	cena za renovované nástroje starého typu potřebné k obrobení ročního množství kusů [€]
<b>Cnd<sub>KN</sub></b>	cena za renovované nástroje nového typu potřebné k obrobení ročního množství kusů [€]
<b>C<sub>KS</sub></b>	cena za nástroje potřebné k obrobení ročního množství kusů (starý typ) [€]
<b>C<sub>KN</sub></b>	cena za nástroje potřebné k obrobení ročního množství kusů (nový typ) [€]

# 1.ÚVOD

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku obrábění hliníkových. Tento kov je ve firmě používán na výrobu brzdových systémů a jejich komponentů – od brzdových třmenů až po zadaný podvozkový díl. Doposud ve firmě používali k obrábění hliníkových slitin nástroj osazený VBD. Tento nástroj však často nesplňoval stanovenou životnost. Současně se při výrobě již zmíněného podvozkového komponentu zjistily opakující se nedokonalosti povrchu. Proto je tedy důležité vybrat nástroj nový, který bude spolehlivější a ekonomičtější a jeho výměna a regenerace bude časově méně náročná. Firma, pro kterou je bakalářská práce určená se nazývá Brembo a zabývá se převážně výrobou brzd a brzdových systémů [1].

## 1.1 Seznámení s firmou Brembo

Brembo je světovým lídrem ve výrobě brzdových kotoučů, třmenů a kompletních brzdových systémů. Firma Brembo vyrábí vše od brzdových kotoučů pro nejpopulárnější automobily v evropských, amerických a japonských trzích až po brzdové systémy pro nejprestižnější a nejexkluzivnější světové modely. [1]



*Obr. 1.1 Brzdové třmeny Brembo [5]*

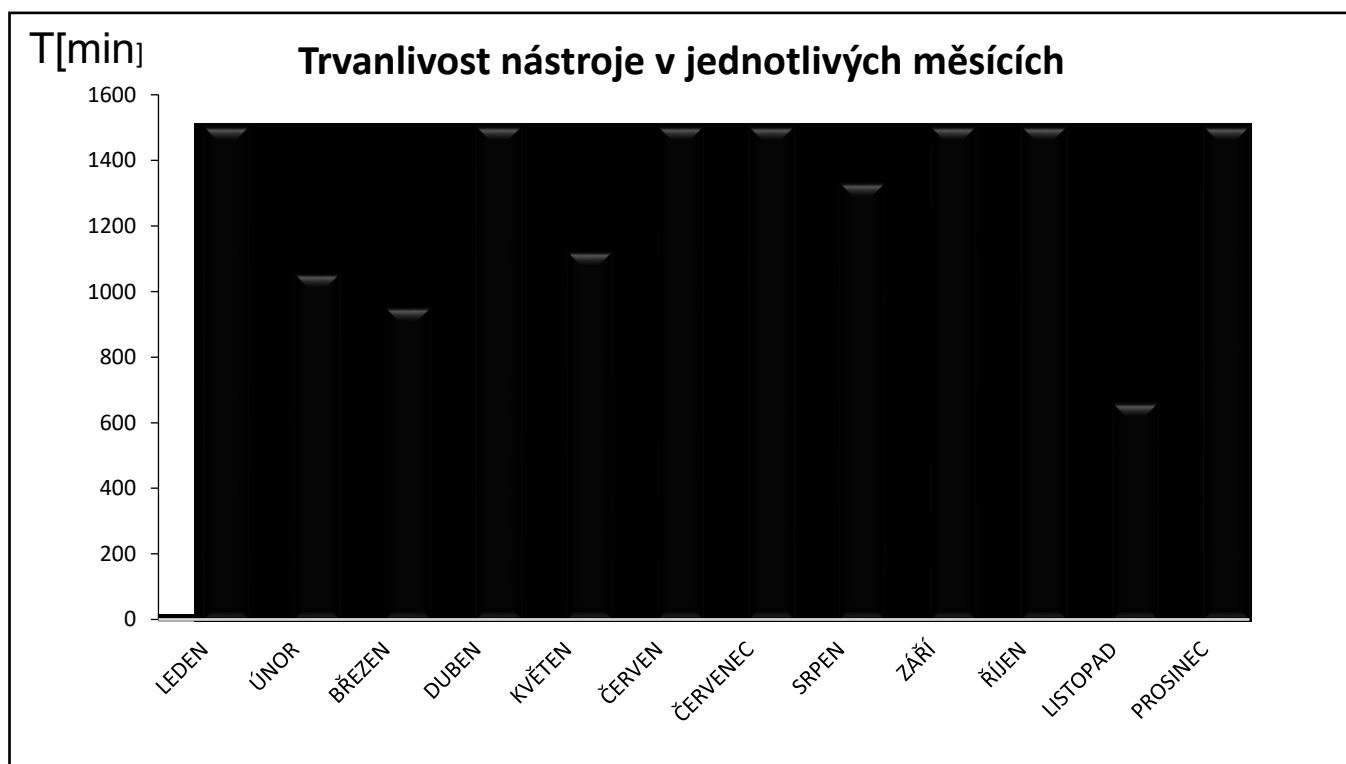
Špičková úroveň, technika a spolehlivost produktů firmy Brembo je založena na integrovaném výrobním procesu, který zahrnuje všechny fáze od výzkumu, vývoje a testování až po odlévání a obrábění. Je uznávaným výrobcem spolehlivých

a trvanlivých komponentů pro světově nejpopulárnější prodávané vozy a dodavatelem nejmodernějších brzdových systémů navržených a vyrobených speciálně na zakázku. Firma Brembo nabízí vozidla s výkonným a globálně nejlepším brzdovým systémem. Vysoká úroveň technologie ve společnosti je zárukou kvality brzdových systémů pro velké výrobce automobilů. V kombinaci s úplnou kontrolou výrobního procesu poskytuje firma Brembo nejširší a nejspolehlivější sortiment náhradních dílů. [1]

## 2. TEORETICKÝ ROZBOR PROBLEMATIKY

### 2.1 Analýza problému

V dnešní době je hliník a jeho slitiny hojně využívaným materiálem. Ve firmě Brembo používají k obrábění hliníku slinutý karbid. Při obrábění podvozkového dílu v CNC stroji dochází k nadměrnému opotřebení VBD a vlivem toho ke zhoršení drsnosti obrobené plochy. Trvanlivost nástroje navržená německou firmou nesplnila ve více než polovině případů stanovenou hranici. Drsnost obrobeného povrchu často vykazovala větší mez, než je povolená hranice ( $R_a = 6,2$ ). V níže uvedeném grafu 1.1 lze vidět průměrnou nerovnoměrnost trvanlivostí VBD v závislosti na jednotlivých měsících v roce. Graf byl vytvořen na základě materiálů a dokumentů dodaných firmou Brembo.



Graf 1.1 Trvanlivost destiček ze SK

Výkres původního nástroje je přiložen v příloze. Potřebný počet nástrojů, které byly použity při výrobě v jednotlivých měsících, jsou uvedeny v Tab. 1.1. Výroba probíhá na třech strojích.

<b>Měsíce</b>	<b>Počet nástrojů</b>
Leden	3
Únor	3
Březen	3
Duben	3
Květen	4
Červen	2
Červenec	2
Srpen	1
Září	2
Říjen	2
Listopad	2
Prosinec	1

*Tab. 1.1 Použitý počet nástrojů*

Stanovená trvanlivost nástroje činí 1500 min. Po uplynutí této obráběcí doby je nutné nástroj regenerovat. Z porovnaných dat lze vidět, že se liší jak trvanlivost, tak i počet nástrojů použitých v jednotlivých měsících.

<b>-</b>	<b>[min]</b>
<b>Norm.</b>	1500
<b>Průměr.</b>	1256
<b>Min.</b>	400

*Tab. 1.2 Skutečný počet minut*

Norm. – Stanovená norma (normovaný počet minut, které má nástroj obrobít).

Průměr. – Průměrná trvanlivost nástroje (skutečná hodnota, kolik min. v průměru nástroj obrobil za rok).

Min. – Minimální trvanlivost nástroje naměřená během roku 2016.

Průměrná trvanlivost byla vypočtena ze všech pracovních měsíců. Minimální trvanlivost byla zjištěna v březnu.

### **2.2.1 Obráběný díl**

Bakalářská práce se zabývá racionalizací výroby podvozkového dílu do terénního automobilu. Pro výrobu součásti je užitá slitina hliníku s označením: AlSi7Mg. Výroba jednotlivých kusů i většiny sortimentu probíhá taktéž ve firmě Brembo, ve které je i slévárna. Obrázek obráběného dílu lze vidět na další straně Obr. 2.2.1





*Obr. 2.2.1 Obráběný díl*

### **2.2.2 Obráběné plochy**

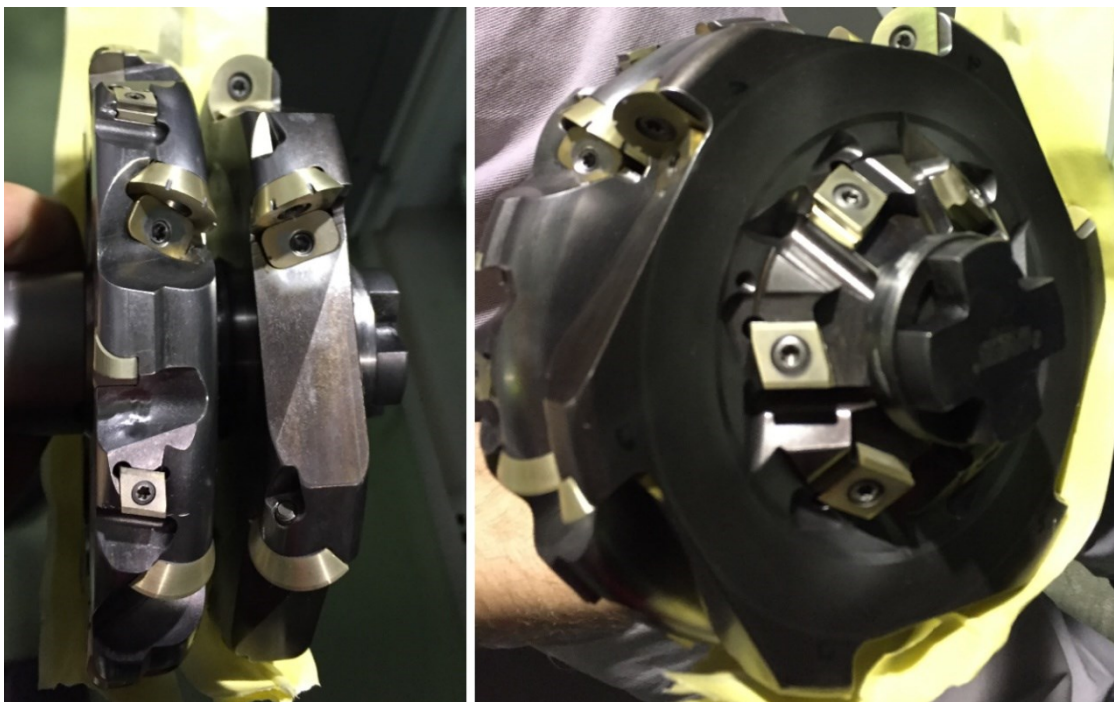
Obrábějí se tyto plochy tzv. vidličky. Viz. Obr. 2.2.2



*Obr. 2.2.2 Obráběný díl*

### **2.3 Obráběcí nástroj**

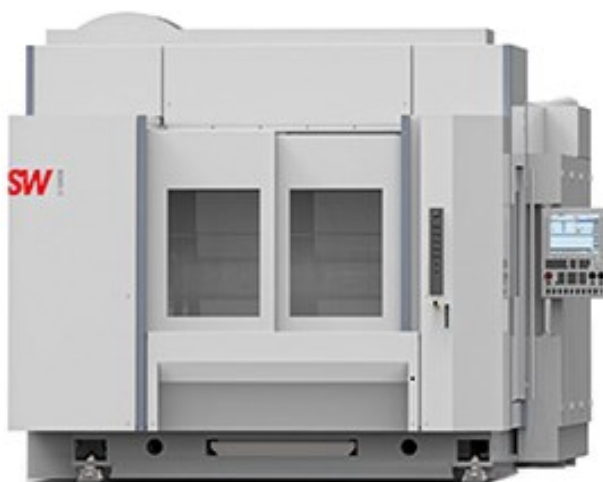
Mimo jiné je ve firmě Brembo používán nástroj opatřený dvanácti břity pro výrobu vnějších a vnitřních ploch. Na nástroji se také nachází šest břitů pro zkosení hrany vnitřní plochy. Maximální průměr frézy je 160 mm. Nástroj je osazen upínačem HSK A63.



Obr. 2.3 Obráběcí nástroj

## 2.4 Obráběcí centrum

Výroba probíhá na třech CNC strojích. Jedná se o německou značku **SW BA W08**. Je to pětiosé frézovací centrum, jehož rozšířená pracovní plocha je 800 x 900 x 650 mm. Stroj je vybavený technologií přímého pohybu ve všech osách, dosahuje akceleraace více než 2 g a rychlosti až 120 m/min. O chladicí účinek při obrábění se stará řezné médium – řezná kapalina značky blaser. Ve firmě Brembo nesou tyto stroje označení: SW 31, SW 35, SW 53 [13].



Obr. 2.4 Obráběcí stroj [13]

## 2.5 Slinuté karbidy

### 2.5.1 Seznámení se slinutými karbidy

Slinuté karbidy (SK) jsou dvou nebo více fázový materiál tvořený tvrdými karbidovými částicemi v kovové vazbě a připravený technologií práškové metalurgie [3].

Základními karbidy pro výrobu všech běžných druhů slinutých karbidů jsou karbid wolframu (WC) a karbid titanu (TiC), pojícím kovem je kobalt (Co). Jako další přísady se nejčastěji používají karbidy tantalu (TaC), niobu (NbC) a chromu ( $\text{Cr}_3\text{C}_2$ ) [2].

Průkopníkem daného oboru byl Karl Schröter, který v roce 1923 ohřál práškový wolfram smíchaný s uhlíkem a získal tak práškový karbid wolframu mikrometrické zrnitosti. Při vývoji materiálu zjistil, že pokud se takto vyrobený WC důkladně smíchaný s malým množstvím kovu z podskupiny železo-kobalt-nikl a vylišaný celek se ohřívá vysokou teplotu (nad 1300 °C, ve vodíkové atmosféře), lze získat výrobek s nízkou pórovitostí, velmi vysokou tvrdostí a značnou pevností. Výsledný materiál je pak dokonale vytvořen a skládá se z rovnoměrně rozptýlených tvrdých zrn WC spojených do jednoho celku houževnatým kovem. Průmyslovou výrobu slinutého karbidu typu WC-CO rozvinula německá firma Krupp v roce 1926 [4].

### 2.5.2 Nepovlakované Slinuté karbidy

Označení dle ISO	Složení			Tvrdost	Pevnost v ohybu	Pevnost v tlaku	Modul E	Tepelná roztažnost
	WC %	TiC+TaC %	Co %					
P02	33	59	8	1650	800	5100	440	7,5
P03	32	56	12	1500	1000	5250	430	8
P04	62	33	5	1700	1000	5250	500	7
P10	55	36	9	1600	1300	5200	530	6,5
P15	71	20	9	1500	1400	5100	530	6,5
P20	76	14	10	1500	1500	5000	540	6
P25	70	20	10	1450	1750	4900	550	5,5
P30	82	8	10	1450	1800	4800	560	5,5
P40	74	12	14	1350	1900	4600	560	5,5
M10	84	10	6	1700	1350	6000	580	5,5
M15	81	12	7	1550	1550	5500	570	5,5
M20	82	10	8	1550	1650	5000	560	5,5
M40	79	6	15	1350	2100	4400	540	5,5
K03	92	4	4	1800	1200	6200	630	5
K05	92	2	6	1750	1350	6000	630	5
K10	92	2	6	1650	1500	5800	630	5
K20	92	2	6	1550	1700	5500	620	5
K30	93		7	1400	2000	4600	600	5,5
K40	88		12	1300	2200	4500	580	5,5



Tab. 1.3 Složení slinutých karbidů [2]

První výzkumné práce z oblasti vývoje a výroby slinutého karbidu typu WC – Co byly zaměřeny zejména na drátové průvlaky. Unikátní soubor vlastností předurčil tento nový materiál zejména pro aplikace ve formě řezného nástroje [5]. Nově vyvinutý materiál umožnil řadové zvýšení řezných rychlostí (ve srovnání s nástrojovou ocelí, včetně rychlořezné) a brzy se tak stal základem další důležité skupiny nástrojových materiálů – skupiny slinutých karbidů, která dnes tvoří největší část celkového objemu všech materiálů využívaných pro výrobu řezných nástrojů. Současné standardní slinuté karbidy pro řezné aplikace jsou na základě svého užití rozdělovány normou ISO 513 do tří skupin –P, M, K v pořadí – modrá, žlutá a červená. Viz Tab. 1.3 [2].

Skupina K je určena pro obrábění materiálů, které vytvářejí krátkou, drobivou třísku (zejména pro litiny, neželezné slitiny a nekovové materiály). Řezná síla je přitom obvykle relativně nízká a převládá abrazivní a adhezní opotřebení nástroje. Karbid wolframu, který tvoří jedinou tvrdou strukturní složku této skupiny SK, má za pokojové teploty zhruba stejnou tvrdost jako karbid titanu, s rostoucí teplotou ale ztrácí tvrdost rychleji než TiC. Proto jsou slinuté karbidy této skupiny nevhodné pro obrábění materiálů tvořících dlouhou třísku, která mnohem více zatěžuje čelo nástroje [2].

Skupina P je určena pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou třísku, jako jsou uhlíkové oceli, slitinové oceli a feritické korozivzdorné oceli. Řezný proces je obvykle doprovázen velkou řeznou silou a značným opotřebením na čele. Tato skupina obsahuje velké množství TiC a TaC, které zlepšují odolnost proti vymílání na čele nástroje [6]. Vhodnost slinutých karbidů této skupiny pro obrábění materiálu tvořících dlouhou třísku je dána též vyšší tvrdostí TiC za vyšších teplot ve srovnání s karbidem wolframu. Nevýhodou TiC je jeho vyšší křehkost a nižší odolnost proti abrazi ve srovnání s WC [7].

Skupina M má univerzální použití a je určena pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou až střední třísku, jako jsou lité oceli, austenitické korozivzdorné oceli a tvárné litiny. Vzhledem k relativně vysoké houževnatosti se SK této skupiny též často používají pro těžké hrubování a přerušované řezy [2].



V současné době se nepovlakované slinuté karbidy využívají velmi zřídka a nahradily je SK povlakované [2].



Obr. 2.5.1 Nepovlakované VBD ze SK [18]

### 2.5.3 Povlakované slinuté karbidy

První povlakované břitové destičky ze SK pro obrábění se na trhu objevily koncem 60. let. Brzy nato byly vyvinuty povlaky typu TiN a Ti (C, N), povlaky  $\text{Al}_2\text{O}_3$  přišly na trh v polovině 70. let. Uvedené povlaky se liší fyzikálními vlastnostmi, pevnostními charakteristikami, adhezí k podkladu, odolností proti různým druhům opotřebení a koeficientem tření. Povlaky na slinuté karbidy se nejčastěji vyrábějí metodou CVD (Chemical Vapour Deposition). Princip je založen na reakci plynných chemických sloučenin v bezprostřední blízkosti povrchu slinutého karbidu a následném uložení produktů reakce na tomto povrchu. Požadavek je, aby výchozí plyny obsahovaly stabilní a přitom prchlavou sloučeninu, která se z důvodu ohřevu (plazmovým obloukem, laserem) rozkládá. Produkty ohřevu tohoto rozpadu jsou poté uloženy na povrch povlakovaného materiálu. [2]

V dnešní době se ve většině případů používá vícevrstvý povlak. Dvě až tři nebo i více vrstev je nanášeno na povrch slinutého karbidu. Řazení vrstev odpovídá jejich vlastnostem tak, že jako první jsou na podklad obvykle nanášeny vrstvy s lepší přilnavostí k podkladu, které mají relativně nižší odolnost proti opotřebení, a jako poslední jsou nanášeny ty vrstvy, které nemusí mít dobrou přilnavost k podkladu, ale požaduje se od nich hlavně vysoká tvrdost a odolnost proti opotřebení (dobrá přilnavost k předchozím vrstvám vyplývá z výroby) [2].



Obr. 2.5.2 Povlakované VBD ze SK [19]

#### 2.5.4. Řezné podmínky

Hliník je relativně měkký materiál, a proto je možno volit daleko větší řezné rychlosti, než je tomu třeba u oceli. Řezné rychlosti pro frézování se používají většinou v rozmezí  $120\text{--}570\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$  a jsou závislé na obráběném materiálu a na způsobu frézování – viz. Tab. 1.4.1

Nástroj/Materiál	Ocel	Měď	hliník
SK	120–200 m/min	240–280 m/min	450-570 m/min

Tab. 1.4.1 Nejčastěji obráběné materiály slinutým karbidem

### 2.5.5. Používaný slinutý karbid

VBD použité ve firmě Brembo nesou označení **SRHW1206ZZ00203EN30SKY77AC a ENHQ 120610 EL** - viz. Obr. 2.6.1 a 2.6.2. První zmiňované jsou vybaveny laserově řezaným utvářečem třísky. Vyrobita je firma Avantec. V jejich aktuální nabídce se dle katalogu již nevyskytuje. Ve firmě Brembo jsou používány s řeznými podmínkami - viz Tab. 1.4.2.

### 2.5.6. Řezné podmínky pro starý nástroj

Řezná rychlost $v_c$ [m · min <sup>-1</sup> ]	803,84
Otáčky $n$ [min <sup>-1</sup> ]	1600
Posuv na otáčku $f_n$ [mm]	0,81

Tab. 1.4.2 Řezné podmínky

:



Obr. 2.6.1 Obvodové VBD ze SK



Obr. 2.6.2 Čelní VBD ze SK

## 2.6 Hliník a jeho slitiny

### 2.6.1 Charakteristika hliníku

Hlavní charakteristika spočívá v kombinaci vlastností dané hliníkem a jeho slitinami, které dělají hliník jedním z nejvšestrannějších, nejekonomičtějších a vůbec nejatraktivnějších kovových materiálů vůbec pro velkou škálu využití. Hliníkové slitiny jsou jako druhé v použití strukturních kovů. Hliník má hustotu pouze  $2,7 \text{ g/cm}^3$ . Jeho pevnost je zvyšována různými slitinami. Vhodně legované a zpracované hliníkové slitiny mohou odolávat korozi, vodě, soli a dalším faktorům životního prostředí. Obrobené povrchy mohou být vysoce reflexní. Energie záření, viditelné světlo, teplo a elektromagnetické vlny jsou účinně odraženy, zatímco tmavě eloxované povrchy záření absorbují [9].



Obr. 2.7 Hliník [8]

### 2.6.2 Druhy hliníku

Hliníkové slitiny se dle výrobního mechanismu nejčastěji dělí do dvou kategorií: kované směsi a lité směsi. Další rozdělení pro jednotlivé kategorie je založeno na základním mechanismu zlepšování vlastností. Tyto úpravy zahrnují tepelné zpracování, kalení a popouštění, nebo vytvrzení. Velké množství dalších kovaných směsí je závislých na mechanickém zpevnění, nejčastěji kombinací různých žíhání. Hlavní rozdělení je podle označení, hlavních přísad a tepelného zpracování - viz. Tab. 1.5. Použití hliníkových slitin je ekonomické v mnoha průmyslových odvětvích. Hojně se používají v automobilovém, vesmírném, konstrukčním a také kryogenním průmyslu [9].



Podle označení	Podle hlavních přísad	Podle tepelného zpracování
<b>Řady:</b>	Siluminy (Al-Si)  Duralaluminium (Al-Cu)  Hydronalium (Al-Mg)	Vytvrditelné   Nevytvrditelné
1000 - Al min 99 %		
2000 - slitina Al-Cu		
3000 - slitina Al-Mn		
4000 - slitina Al-Si		
5000 - slitina Al-Mg		
6000 - slitina Al-Mg-Si		
7000- slitina Al-Zn		
8000- slitina Al s různými prvky		

Tab. 1.5 Rozdělení slitin hliníku [9]

### 2.6.3 Obrobitelnost hliníku

Obrobitelnost je pojem, do kterého lze zahrnout řadu vlastností a parametrů. Vliv na obrobitelnost má životnost nástrojů, řezná síla nebo kvalita a požadovaný tvar třísky. Je to technologický pojem, který zahrnuje soubor fyzikálních, mechanických a chemických vlastností obráběného materiálu. Obecně lze říci, že hliníkové slitiny patří mezi lépe obrobitelné ve srovnání s jinými kovovými konstrukčními materiály, ale i přesto hliník během obrábění působí potíže (nalepuje se na břity nástroje). Jedním z nejdůležitějších aspektů při hodnocení obrobitelnosti je tvar třísky. Pro hodnocení se používá nejčastěji vizuálního hodnocení [10].

krátká a lámavá tříska,  
výborná jakost povrchu



špatná tříska, nutnost zlepšení  
podmínek obrábění



Obr. 2.8 Třísky [10]

## 2.6.4 Slitina pro výrobu podvozkového dílu

Označení dle ČSN EN 1706: EN AB-42000.

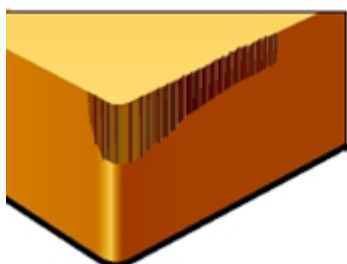
**Chemické označení: EN AB- $\text{AlSi}_7\text{Mg}$**

Prvek	Min %	Max %
<b>Si</b>	<b>6,5</b>	<b>7,5</b>
Fe	-	0,45
Cu	-	0,15
Mn	-	0,35
<b>Mg</b>	<b>0,25</b>	<b>0,65</b>
Cr	-	-
Ni	-	0,15
Zn	-	0,15
Pb	-	0,15
Sn	-	0,05
<b>Ti</b>	<b>0,05</b>	<b>0,2</b>

Tab. 1.7 Chemické složení  $\text{AlSi}_7\text{Mg}$  [12]

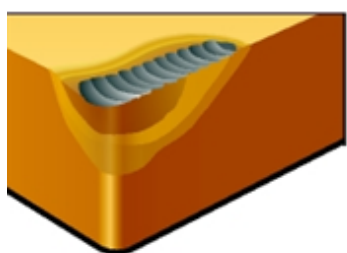
## 2.7 Opotřebení nástroje

Každý nástroj má svou trvanlivost, která dříve nebo později dosáhne své maximální hodnoty, a nástroj či VBD se musí znovu přebrousit nebo vyměnit. Opotřebení závisí na mnoha aspektech. Je nutno zvolit optimální řeznou rychlost, posuv, hloubku třísky, aby se dosáhlo co nejlepších výsledků, a tedy co nejvyšší trvanlivosti bříty. Nejčastější opotřebení nástroje jsou zobrazena a popsána níže. Obrázky (2.9.1-2.9.6) byly převzaty z [11].



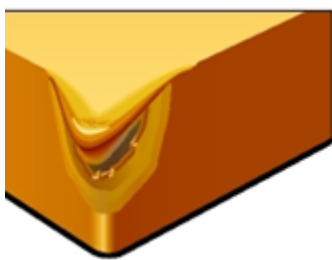
**Opotřebení hřbetu** - způsobuje špatnou kvalitu obrobené plochy a nedodržení tolerancí vlivem velkého posuvu  $f_z$  a vysoké řezné rychlosti  $V_c$ .

Obr. 2.9.1 Opotřebení hřbetu



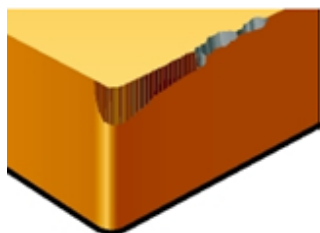
**Opotřebení ve tvaru žlábk/vrubu** - způsobuje zeslabení bříty. Poškození vedlejšího bříty je příčinou špatné kvality obrobené plochy nejčastěji vlivem příliš vysokých teplot působících na čele nástroje.

Obr. 2.9.2 Opotřebení-žlábek/vrub



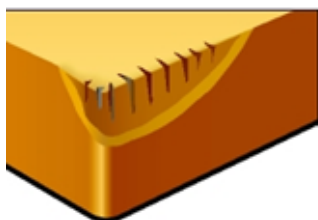
**Plastická deformace** - stlačení břitu nebo vtlačení hříbetu má za následek špatnou kontrolu utváření třísky, špatnou kvalitu obrobené plochy nebo lom VBD. Vznik kvůli příliš vysoké teplotě a tlaku v místě řezu.

*Obr. 2.9.3 Plastická deformace*



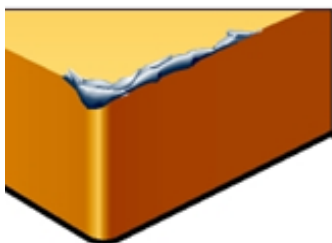
**Vylamování břitu** - část ostří, která momentálně není v záběru, je poškožována zasekáváním třísek. Což má za následek nadměrné opotřebení hříbetu a nevyhovující strukturu obrobeného povrchu.

*Obr. 2.9.4 Vylamování břitu*



**Tepelné trhliny** - malé trhliny kolmé na ostří způsobují vylamování břitu a špatnou kvalitu obrobené plochy. Vznikají z důvodu kolísání teploty, ke kterému dochází kvůli obrábění přerušovaným řezem či nedostatečným přívodem řezné kapaliny.

*Obr. 2.9.5 Tepelné trhliny*



**Tvorba nárůstku na břitu** - způsobuje špatnou kvalitu obrobené plochy a vylomení břitu v okamžiku, kdy dojde k oddělení nárůstku. Často kvůli nízké teplotě v oblasti řezu nebo kvůli ulpívajícím nízkouhlíkovým ocelím na břitu.

*Obr. 2.9.6 Nárůstek*

## 2.8 Trvanlivost

Trvanlivost nástroje je možno definovat jako součet veškerých čistých řezacích časů, od začátku obrábění, až po jeho konec (opotřebení břitu nástroje na předem stanovenou hodnotu). U monolitních nástrojů je to doba od ostření až po otupení a u nástrojů s VBD je to doba od instalace po opotřebení jejího břitu [14].

Trvanlivost nástroje závisí především na metodě obrábění a vlastnostech jak obráběného, tak i nástrojového materiálu. Dále je důležitá volba správných

řezných podmínek (řezná rychlost, posuvová rychlost, tloušťka a šířka třísky a v neposlední řadě řezné prostředí). K výpočtu trvanlivosti je používán tzv. Taylorův vztah –  $T-v_c$  závislost, která vychází z toho, že z řezných podmínek má největší vliv na trvanlivost právě řezná rychlost [14].

Vztah se používá v tomto tvaru:

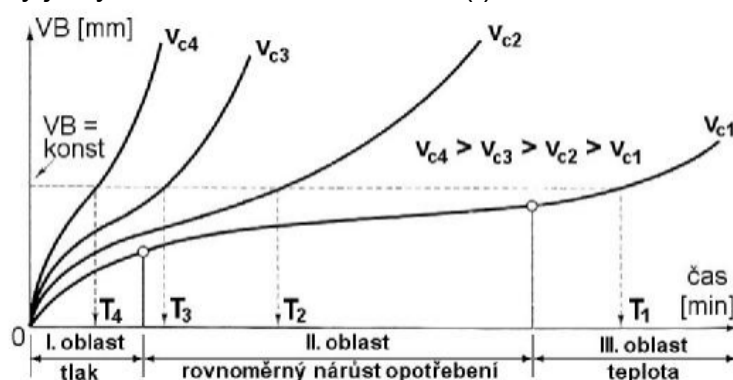
$$T = \frac{C_T}{v_c^m} [\text{min}]$$

Nebo vzhledem k nepraktičnosti hodnoty konstanty  $C_T$ , která je velmi vysoká (řádově  $10^9 \div 10^{13}$ ), častěji takto:

$$T = \frac{C_v}{T^{1/m}} [m \cdot \text{min}^{-1}]$$

kde:  $C_v$  [-] - konstanta (protože  $C_v = C_T t^{1/m}$ ) je řádově velikost konstanty  $C_v$  pouze  $10^2 \div 10^3$  [14].

Postup stanovení základní  $T-v_c$  závislosti pro konkrétní materiál vychází z definice trvanlivosti. Materiál je obráběn daným nástrojem minimálně při čtyřech různých řezných rychlostech, přičemž se sleduje časový nárůst opotřebení nástroje, který je vynášen do závislosti  $VB=f(t)$ , viz. Obr. 2.9



Obr. 2.9 Závislost opotřebení na čase při různých řezných rychlostech [14]

Pro dosažení rovnoměrného rozložení jednotlivých bodů konstrukce  $T-v_c$  závislosti, se volí řezné rychlosti podle řady R20. Tato řada je předepsána normou ČSN ISO 3685 pro nástroj ze SK. Při nejvyšší řezné rychlosti by neměla trvanlivost klesnout pod hodnotu  $T=5$  minut (pro obrábění ušlechtilých materiálů se však připouští i nižší trvanlivost, ne však pod hodnotou nižší než  $T=2$  minuty) [14].

### 3. NÁVRH NOVÉHO ŘEŠENÍ

#### 3.1 Popis nového nástroje

V předešlých měsících byl firmou Brembo testován nový nástroj. Hlavní důvod testování nástroje je zvýšení kvality obráběných povrchů, zvýšení produktivity výroby a zrychlení obrábění. Testování probíhalo na jednom z CNC frézovacích center. Fréza je osazená břity z PKD. Maximální průměr frézy včetně pájených břitů je 159,3 mm.

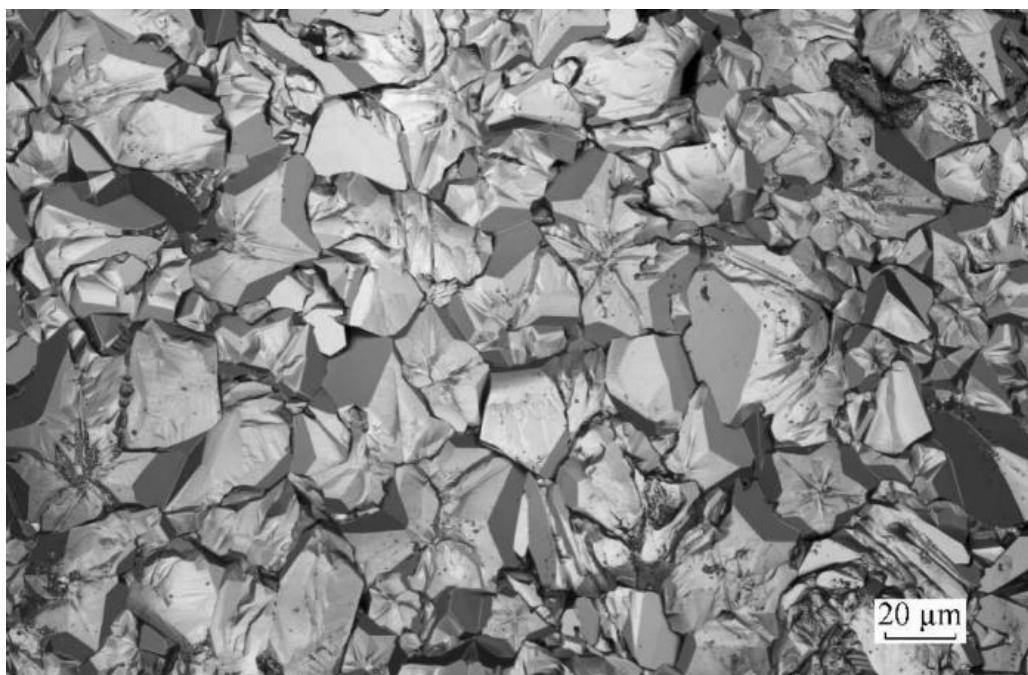


*Obr. 3.1 Ilustrační obrázek, nástroj s břity z PKD [15]*

#### 3.2 Obrábění nástrojem z PKD

Diamant je nejtvrdší známý přírodní materiál. Průmyslové diamanty jsou dnes dostupné hned v několika provedeních. Vedle vysoké tvrdosti, dané vazebnou energií kubické mřížky, mají diamanty i výbornou odolnost proti abrazivnímu opotřebení. Diamant zaručuje dobrou tepelnou vodivost a nízký koeficient tření. K nevýhodám patří např. vysoká křehkost, nízká pracovní teplota a afinita k železným kovům. Při ohřevu diamantu nad 700 °C se v něm objevují trhliny. V krajním případě může dojít k odpadnutí vrstvy PKD od SK podložky. Se vzrůstající teplotou je také možná zpětná grafitizace [2].

Nástroje a VBD osazené PKD se používají pro frézování, soustružení a vrtání NK a slitin, jako je např. hliník a jeho slitiny. Dnes už jsou tyto nástroje často používány k obrábění keramických a plastických hmot s abrazivními plnidly, slinutých karbidů, kamene, pryže, grafitu a dalších kompozitních materiálů s abrazivní složkou. Jsou taky používány v dřevozpracujícím průmyslu k opracování laminovaných dřevotřísek, kde je PKD osazován do fréz a vrtáků [2].



Obr. 3.2 Mikrostruktura PKD [16]

#### Vlastnosti SK a PKD:

Materiál	Jednotky	SK	PKD
Hustota	[g·cm <sup>-3</sup> ]	6-15	3,5-4,2
Tvrdost	HV 30	1200-800	5000
E/modul	[GPa]	470-650	840
Pevnost v tlaku	[MPa]	3500-6000	7600
Pevnost v ohybu	[MPa]	1300-3200	600-1100
Tepelná roztažnost	[10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> ]	10-17	3,1
Tepelná vodivost	[W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	20-80	560

Tab. 3.1 Srovnání vlastností SK a PDK [2]

Při výrobě nástrojů a VBD, které jsou osazeny PKD, je možno volit rozdílnou zrnitost diamantu (rozmezí 2-25  $\mu\text{m}$  podle požadované aplikace). Obecně platí, že s jemnější zrnitostí je možné dosáhnout lepší drsnosti obráběného povrchu, zároveň ale klesá i celková životnost nástroje. Pro výše uvedené oblasti byly navrženy a v praxi odzkoušeny řezné podmínky pro frézování - viz Tab. 3.2. [2].

#### Doporučené řezné podmínky pro frézování nástrojem s PKD:

<b>Materiál</b>	<b>Rychlost [m·min<sup>-1</sup>]</b>	<b>Hloubka řezu [mm]</b>	<b>Posuv [mm·ot<sup>-1</sup>]</b>	<b>Dopor. rádius [mm]</b>
<b>Al+Al slitiny</b>	500-3000	do 5	0,1-0,5	0,4-1,2
<b>Cu +Cu slitiny</b>	200-1000	do 2	0,1-0,5	0,4-1,2
<b>Dřevěné mat+ plastové mat</b>	200-3000	1-15	0,4-1,5	0,4-1,2

*Tab. 3.2 Doporučené řezné podmínky [2]*

Přírodní diamant se vzhledem ke svému malému výskytu a vysoké ceně používá jen velmi zřídka, a to při přesném obrábění s velice vysokými požadavky na jakost povrchu. Soustružením se dnes vyrábějí rozměrná tvarová hliníková zrcadla pro kosmické účely [2].

### 3.3 Syntéza PKD

V roce 1954 se člověku jménem Tracy Hall podařilo syntetizovat „umělý diamant“. Postavil zařízení napodobující podmínky vzniku přírodních diamantů. V tomto zařízení byl za teplot kolem 1600 °C a tlaku 5300-10000 MPa z grafitu vyroben polykrystalický diamant o průměru 1 mm. Diamanty se nejčastěji syntetizují dvěma metodami.

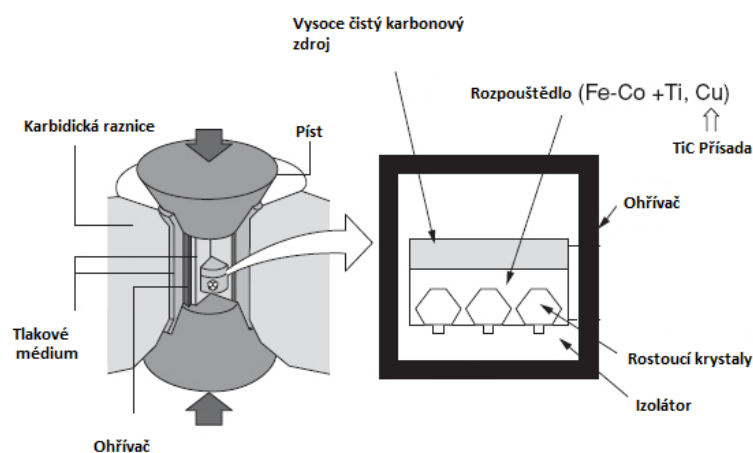
#### 3.3.1 Metoda HPHT

HPHT (High Pressure, High Temperature) je metoda představená společností General Electric v polovině 20. století. Diamanty vznikají za použití vysokého tlaku a vysoké teploty (1000-1500 °C a 5,3 až 10GPa). Toto je nejpopulárnější metoda pro produkci syntetických diamantů. Zobrazení metody HPHT – viz Obr.3.3.1. [17].

### 3.3.2 Metoda CVD

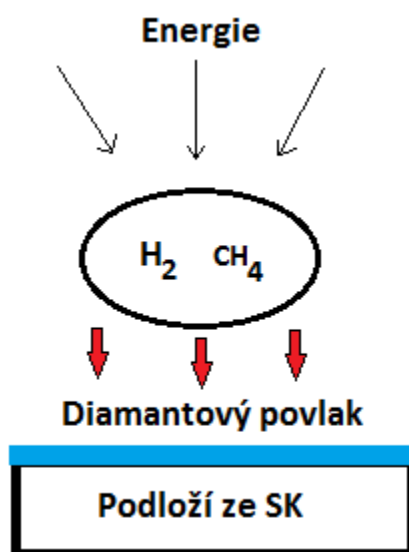
V roce 1961 se uvádí druhá technologie – CVD (Chemical Vapor Deposition). Je to metoda s použitím plazmy a uhlovodíkových plynů vystavených mikrovlnám. Tak dojde k reakci, která vyvolá velké množství malých kapek uhlíku, které dopadají a zkrystalizují ve formě diamantu na podloží nejčastěji ze SK. Metoda na Obr. 3.3.2. [17].

**HPHT:**



Obr. 3.3.1 Výroba PKD metodou HPHT [17]

**CVD:**



Obr. 3.3.2 Výroba PKD metodou CVD



### 3.4 Nový nástroj

#### 3.4.1 Testování nástroje nového typu

Kotoučový nástroj s diamantovými PBD byl testován ve dnech od 2.8.2016 do 25.2.2017. Za tuto dobu bylo ve firmě Brembo obrobena 70000 ks. Před započítáním testování tohoto nástroje byla stanovena trvanlivost 7000 min. Po uplynutí tohoto obráběcího času bude fréza sejmuta a nahrazená. Jelikož nástroj není vybaven vyměnitelnými břity, ale břity pájenými, nelze jej obnovit ve firmě Brembo, musí být odeslán na regeneraci k výrobci. Testy prokázaly nepatrně větší trvanlivost nástroje, než byla na začátku stanovena. Proto byla oficiálně norma trvanlivosti nástroje stanovena na 7000 min.

Výroba probíhala na stroji **SW BA W08** s označením SW 53 (Viz bod 2.4).

#### 3.4.2 Řezné podmínky pro nový nástroj

Použity byly následující řezné podmínky:

Řezná rychlost $v_c$ [ $m \cdot min^{-1}$ ]	1650
Otáčky $n$ [ $min^{-1}$ ]	3300
Posuv na otáčku $f_n$ [mm]	0,7

*Tab. 3.3 Řezné podmínky*

#### 3.4.3 Shrnutí výsledků

Dle dosažených výsledků nástroj vyhověl požadavkům firmy. Tedy dosáhl předem určenou trvanlivost 7000 min. Dne 25.2.2017 byl demontován ze stroje. Po demontáži byl odeslán na regeneraci a v blízké době bude připraven a použit na výrobu dalších kusů „LR Braccio“.

### 3.5 Porovnání nástrojů

#### 3.5.1 Vlastnosti nástrojů

V tomto bodě jsou porovnány nástroje jen podle základních vlastností a rozměrů. Detailnější výpočty jsou uvedeny v bodu 4.

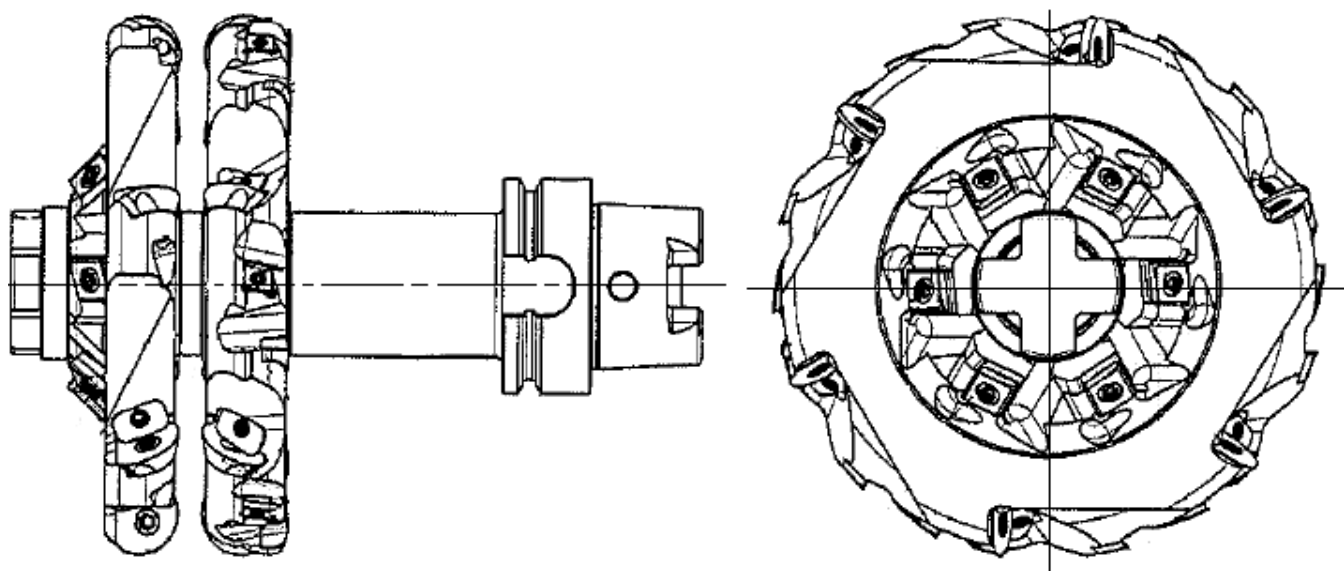
-	Nástroj starého typu	Nástroj nového typu
<b>Označení výkresu</b>	10Z.0000.610.01.3	56W6R160030BCA11
<b>Počet břitů</b>	18	30
<b>Možnost výměny BD</b>	Ano	Ne
<b>Materiál BD</b>	SK	PKD
<b>Otáčky [ot/min]</b>	1600	3300
<b>Hmotnost [kg]</b>	8	6,9
<b>Max Ø [mm]</b>	160	159,3
<b>Min Ø [mm]</b>	42	42
<b>Šířka jednoho kotouče [mm]</b>	23,25	23,5
<b>Délka [mm]</b>	169	211
<b>Stanovená trvanlivost [min]</b>	1500	7000
<b>Cena [€]</b>	6273,5	8483
<b>Cena renovace [€]</b>	689,5	4233

Tab. 3.3 Porovnání nástrojů

### 3.5.2 Vizuální porovnání

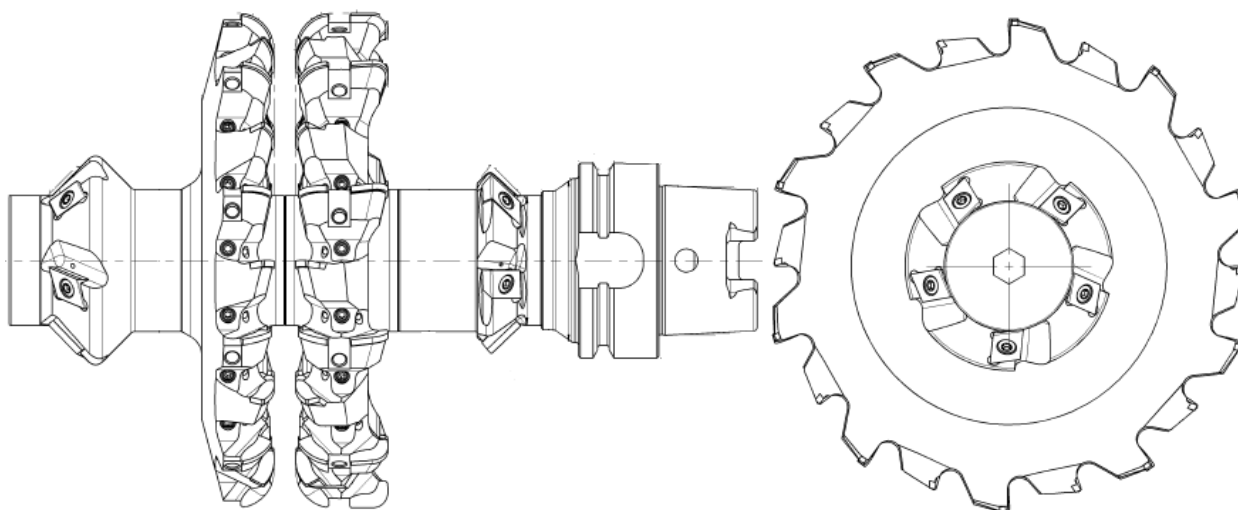
Dle obrázků níže uvedených, vystřižených z výkresů, lze vidět, že se nástroje značně liší. Ne jenom vlastnostmi, ale i vzhledem a celkovou konstrukcí. Výkresová dokumentace je v příloze.

### 3.5.3 Fréza starého typu



*Obr. 3.4.1 Výstřížek výkresu nástroje starého typu [20]*

### 3.5.4 Fréza nového typu



*Obr. 3.4.2 Výstřížek výkresu nástroje nového typu [20]*

## 4. Technicko – ekonomické zhodnocení

### 4.1 Počet vyrobených kusů

#### 4.1.1 Počet kusů vyrobených za jednotlivé měsíce

Měsíce/Typy označení	28B07537	28B07538	28B07539	28B07540	28C03533	28C03534
Leden	3698	3816	-	-	12101	11173
Únor	6548	6259	-	-	7551	9831
Březen	7171	7609	-	-	8862	8393
Duben	4461	4325	188	179	8033	6979
Květen	4666	3030	9	20	6280	6901
Červen	3525	4347	174	203	7221	5715
Červenec	4636	3674			6575	6676
Srpen	3738	3925	278	284	6682	5124
Září	5866	5500	458	502	7771	10139
Říjen	1780	2498	4680	5008	9108	8889
Listopad	-	-	4562	4899	8149	10048
Prosinec	-	-	5333	4231	6194	4515

Tab. 3.4 Počet kusů v jednotlivých měsících

#### 4.1.2 Počet vyrobených jednotlivých typů „LR Braccio“

Výpočet počtu kusů jednotlivých typů:

$$28B07537 = \sum leden + únor \dots \dots \dots + prosinec$$

$$28B07537 = 3698 + 6548 + 7171 + 4461 + 4666 + 3525 + 4636 + 3738 \\ + 5866 + 1780$$

$$28B07537 = 46089 \text{ Ks}$$

Stejný postup byl použit i u výpočtu zbývajících typů. Výpočty jsou zapsány v tabulce níže - Tab. 4.1.2

Typy označení:	Počet vyráběných kusů:
<b>28B07537</b>	<b>46089</b>
<b>28B07538</b>	<b>44983</b>
<b>28B07539</b>	<b>15682</b>
<b>28B07540</b>	<b>15326</b>
<b>28C03533</b>	<b>94527</b>
<b>28C03534</b>	<b>94383</b>

*Tab. 4.1.2 Počet kusů jednotlivých typů*

#### 4.1.3 Počet vyrobených kusů „LR Braccio“

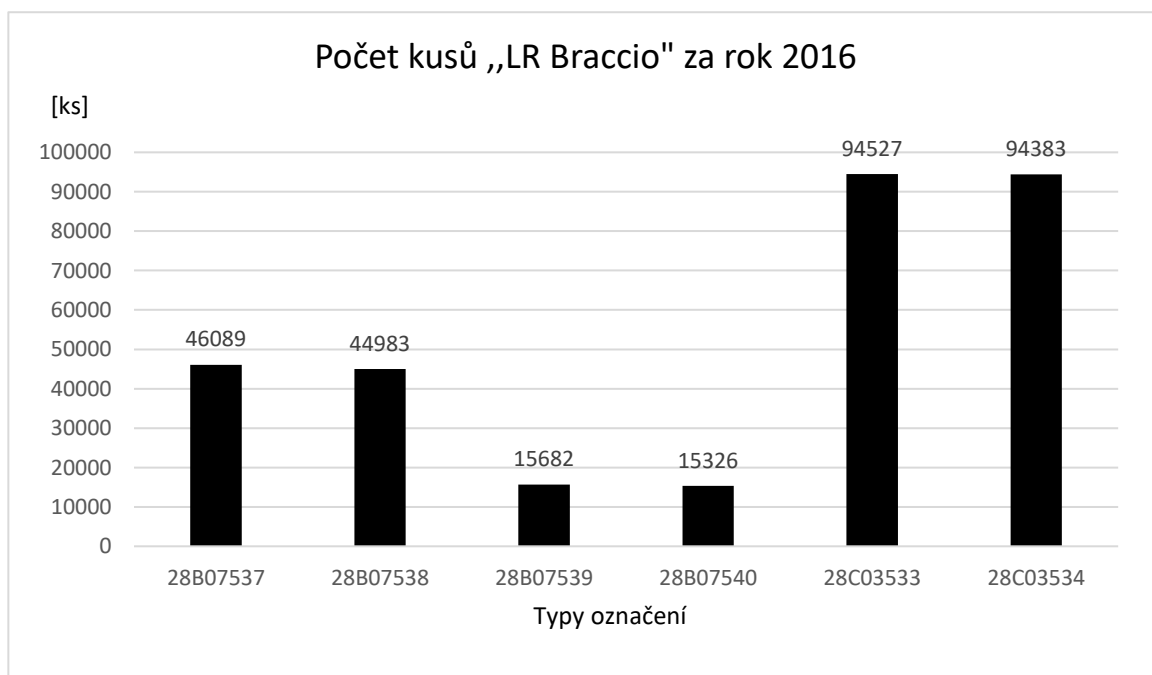
**Výpočet celkového počtu kusů:**

$$LRB = \sum 28B07537 + 28B07538 \dots \dots \dots + 28C03534$$

$$LRB = 46089 + 44983 + 15682 + 15326 + 94527 + 94383$$

$$LRB = 310990 \text{ ks}$$

Celkový počet vyrobených „LR Braccio“ za rok 2016 je 310990 ks.



*Graf 4.1 Množství vyrobených kusů*

Z grafu 4.1 lze jasně vidět, že největší počet obrobených kusů má typ **28C03533** . Zato nejméně obrobených kusů je typu **28B07540**.

#### 4.1.4 Počet vyrobených kusů „LR Braccio“ v jednotlivých měsících

Měsíc	Počet kusů
Leden	30788
Únor	30189
Březen	32035
Duben	24165
Květen	20906
Červen	21185
Červenec	21561
Srpen	20031
Září	30236
Říjen	31963
Listopad	27658
Prosinec	20273

Tab. 4.1.3 Počet kusů vyrobených v jednotlivých měsících

#### 4.1.5 Průměr vyrobených kusů za měsíc

Z předchozí tabulky (Tab. 4.1.3) byl vypočten průměr obrobených kusů za měsíc – viz níže.

*P<sub>k</sub>* – Průměrný počet kusů

$$P_k = \frac{\text{Leden} + \text{Únor} \dots \dots \dots + \text{prosinec}}{12}$$

$$P_k = \frac{30788 + 30189 \dots \dots \dots + 20273}{12}$$

$$P_k = 25915,8 \text{ ks}$$

Průměrný počet kusů vyrobený za jeden měsíc je 25915,8 ks. Nejméně se vyrobilo v srpnu - 20031 ks. Největší počet vyrobených kusů byl zaznamenán v březnu - 32035 ks.

## 4.2 Počet kusů připadajících na nástroj

### 4.2.1 Nástroj starého typu

Dle obdržených informací nástroj starého typu obrobil v roce 2016 **260 990 ks.**

Cycle time, tedy doba, za jak dlouho nástroj obrobí (celkově) jednu součást, je naměřená **3,048 min = 3 min a 3 sec.**

### 4.2.2 Nástroj nového typu

Nová fréza od 2.8. do konce roku 2016 obrobila **50000 ks** a zlepšení v cycle timu činilo **2,2 sec**, tedy **3,012 min = 3 min a 0,8 sec.**

## 4.3 Stanovený počet vyrobených kusů

### 4.3.1 Nástroj starého typu

Předpokládaný počet kusů dle získaných informací z firmy Brembo je při trvanlivosti **1500 min 10714 ks.**

### 4.3.2 Nástroj nového typu

U nástroje nového typu se předpokládá výroba **70000 ks** za dobu trvanlivosti **7000 min.**

## 4.4. Výpočet ceny na kus při předpokládaných podmínkách a výrobě na nerenovovaném nástroji

### 4.4.1 Nástroj starého typu

Výpočet ceny výroby na jeden kus starým typem nového nerenovovaného nástroje:

Předpokládaný počet kusů obrobených nástrojem starého typu za stanovenou trvanlivost –  $Pk_{PS}$

Cena nástroje starého typu –  $C_{SN}$

Cena za kus při obrábění nástrojem starého typu –  $Ck_{SN}$

Počet kusů obrobených ročně nástrojem starého typu –  $Pr_{SN}$

Roční spotřeba nástrojů starého typu –  $Rs_{SN}$

Aktuální kurz 1 € = 26,9350 Kč

Cena nástroje starého typu = 6273,5 € → 168976,72 Kč

Cena renovace nástroje starého typu = 689,5 € → 18571,68 Kč

Předpokládaný počet kusů obrobených nástrojem starého typu za stanovenou trvanlivost = 10714 ks

Předpokládaný počet kusů obrobených ročně nástrojem starého typu = 344560 ks

$$Ck_{SN} = \frac{C_{SN}}{Pk_{PS}}$$

$$Ck_{SN} = \frac{6273,5}{10714}$$

$$Ck_{SN} = 0,586 \text{ €}$$

Cena za jeden kus při předpokládaných podmínkách a při obrábění nástrojem starého typu je 0,586 € → 15,78 Kč.

**Předpokládaná spotřeba nástrojů starého typu je:**

$$Rs_{SN} = \frac{Pr_{SN}}{Pk_{PS}}$$

$$Rs_{SN} = \frac{344560}{10714}$$

$$Rs_{SN} = 32,16 \text{ Ks}$$

K obrobení ročního množství 344560 ks je zapotřebí 33 nástrojů starého typu.

#### 4.4.2 Nástroj nového typu

Výpočet ceny výroby na jeden kus novým typem nového nerenovovaného nástroje:

Předpokládaný počet kusů obrobených nástrojem nového typu za stanovenou trvanlivost =  $Pk_{PN}$



Cena nástroje nového typu =  $C_{NN}$

Cena za kus při obrábění nástrojem nového typu =  $Ck_{NN}$

Počet kusů obrobených ročně nástrojem nového typu –  $Pr_{NN}$

Roční spotřeba nástrojů nového typu –  $Rs_{NN}$

Cena nástroje nového typu = **8483 € → 228489,61 Kč**

Cena renovace nového nástroje = **4233 € → 114015,86 Kč**

Předpokládaný počet kusů obrobených nástrojem nového typu za stanovenou trvanlivost = **70000 ks.**

Předpokládaný počet kusů obrobených ročně nástrojem nového typu = **348940 ks.**

$$Ck_{NN} = \frac{C_{NN}}{Pk_{PN}}$$

$$Ck_{NN} = \frac{8483}{70000}$$

$$Ck_{NN} = 0,12\text{€}$$

Cena za jeden kus při předpokládaných podmínkách a při obrábění nástrojem nového typu je **0,12€ → 3,26 Kč.**

**Předpokládaná spotřeba nástrojů nového typu je:**

$$Rs_{NN} = \frac{Pr_{NN}}{Pk_{PN}}$$

$$Rs_{NN} = \frac{348940}{70000}$$

$$Rs_{NN} = 4,98 \text{ ks}$$

K obrobení ročního množství kusů = 348940 je zapotřebí **5** nástrojů nového typu.

## 4.5 Výpočet ceny na kus při předpokládaných podmínkách a výrobou renovovaným nástrojem

### 4.5.1 Nástroj starého typu

Výpočet ceny výroby na jeden kus starým typem renovovaného nástroje:

Předpokládaný počet kusů obrobených nástrojem starého typu renovovaným za stanovenou trvanlivost –  $Pk_{PSR}$

Cena za kus při obrábění nástrojem starého typu –  $Ck_{SR}$

Cena renovace nástroje nového typu –  $Cr_S$

Cena renovace starého nástroje = 689,5 € → 18571,68 Kč

Předpokládaný počet kusů obrobených renovovaným nástrojem starého typu za stanovenou trvanlivost = 10714 ks

$$Ck_{SR} = \frac{Cr_S}{Pk_{PSR}}$$

$$Ck_{SR} = \frac{689,5}{10714}$$

$$Ck_{SR} = 0,064 \text{ €}$$

Cena za jeden kus při předpokládaných podmínkách a při obrábění renovovaným nástrojem starého typu je 0,063€ → 1,72 Kč.

### 4.5.2 Nástroj nového typu

Výpočet ceny výroby na jeden kus novým typem renovovaného nástroje:

Předpokládaný počet kusů obrobených renovovaným nástrojem nového typu za stanovenou trvanlivost –  $Pk_{PNR}$

Cena za kus při obrábění renovovaným nástrojem nového typu –  $Ck_{NR}$

Cena renovace nástroje nového typu –  $Cr_N$

Cena renovace starého nástroje = 4233 € → 114015,85 Kč

Předpokládaný počet kusů obrobených renovovaným nástrojem nového typu  
za stanovenou trvanlivost = **70000 ks**

$$Ck_{NR} = \frac{Cr_N}{Pk_{PNR}}$$

$$Ck_{NR} = \frac{4233}{70000}$$

$$Ck_{NR} = 0,060 \text{ €}$$

Cena za jeden kus při předpokládaných podmínkách a při obrábění  
renovovaným nástrojem nového typu je **0,060€ → 1,61 Kč**.

## **4.6 Výpočet ceny na kus při skutečných podmínkách a výrobou nerenovovaným nástrojem**

### **4.6.1 Nástroj starého typu**

Výpočet skutečné ceny za kus při obrábění nerenovovaným nástrojem  
starého typu:

Dle průměru trvanlivostí nástroje = **1256 min** byl vypočítán průměrný počet  
obrobených kusů = **8971 ks**.

Skutečný počet kusů obrobených nástrojem starého typu za stanovenou  
trvanlivost –  **$SPk_{PS}$**

Cena nástroje starého typu –  **$C_{SN}$**

Skutečná cena za kus při obrábění nástrojem starého typu –  **$SCk_{SN}$**

Skutečný počet kusů ročně obrobených nástrojem starého typu –  **$SPr_{SN}$**

Skutečná roční spotřeba nástrojů starého typu –  **$SRs_{SN}$**

Aktuální kurz **1 € = 26,9350 Kč**

Cena starého nástroje= **6273,5 € → 168976,72 Kč**

Cena renovace starého nástroje= **689,5 € → 18571,68 Kč**

Předpokládaný počet kusů obrobených nástrojem starého typu za stanovenou trvanlivost = **8971 ks**

Skutečný počet kusů obrobených ročně nástrojem starého typu = **260990 ks**

$$Sck_{SN} = \frac{C_{SN}}{SPk_{PS}}$$

$$Sck_{SN} = \frac{6273,5}{8971}$$

$$Sck_{SN} = 0,699 \text{ €}$$

Cena za jeden kus při skutečných podmínkách a při obrábění nástrojem starého typu je **0,699 € → 18,83 Kč**.

**Skutečná spotřeba nástrojů starého typu je:**

$$SRs_{SN} = \frac{Pr_{SN}}{Pk_{PS}}$$

$$SRs_{SN} = \frac{260990}{8971}$$

$$SRs_{SN} = 29.1 \text{ Ks}$$

K obrobení ročního množství kusů = 260990 je zapotřebí **30** nástrojů starého typu.

#### **4.6.2 Nástroj nového typu**

Výpočet skutečné ceny za kus při obrábění novým typem nerenovovaného nástroje:

Vzhledem k tomu že nástroj nového typu byl testován pouze po dobu 7 měsíců, nelze výpočet provést za celý rok. Nástroj dosáhl stanovenou životnost 7000 min a za dobu jeho provozu se pomocí něj obrobilo 70000 ks.

Skutečný počet kusů obrobených nástrojem nového typu za stanovenou trvanlivost =  $SPk_{PN}$

Cena nástroje nového typu =  $C_{NN}$

Skutečná cena za kus při obrábění nástrojem nového typu =  $Sck_{NN}$

Cena nástroje nového typu = **8483 € → 228489,61 Kč**

Cena renovace nového nástroje = **4233 € → 114015,86 Kč**

Skutečný počet kusů obrobených nástrojem nového typu za stanovenou trvanlivost = **70000 ks**

$$Sck_{NN} = \frac{C_{NN}}{SPk_{PN}}$$

$$Sck_{NN} = \frac{8483}{70000}$$

$$Sck_{NN} = 0,12\text{€}$$

Cena za jeden kus při předpokládaných podmínkách a při obrábění nástrojem nového typu je **0,12€ → 3,26 Kč**. V průběhu testování byl využit pouze jeden nástroj.

#### **4.7 Výpočet ceny na kus při skutečných podmínkách a výrobou renovovaným nástrojem.**

##### **4.7.1 Nástroj starého typu**

Výpočet skutečné ceny na kus při obrábění renovovaným nástrojem starého typu:

Skutečný počet kusů obrobených renovovaným nástrojem starého typu za stanovenou trvanlivost –  **$SPk_{PSR}$**

Skutečná cena za kus při obrábění nástrojem starého typu –  **$Sck_{SR}$**

Cena renovace nástroje starého typu –  **$Cr_s$**

Cena renovace nástroje starého typu = **689,5 € → 18571,68 Kč**

Předpokládaný počet kusů obrobených renovovaným nástrojem starého typu za stanovenou trvanlivost = **8971 Ks**

$$Sck_{SR} = \frac{Cr_s}{Sk_{PSR}}$$

$$Sck_{SR} = \frac{689,5}{8971}$$

$$Sck_{SR} = 0,077\text{ €}$$

Cena za jeden kus při skutečných podmínkách a při obrábění renovovaným nástrojem starého typu je **0,077 € → 2,07 Kč**.

#### 4.7.2 Nástroj nového typu

Výpočet skutečné ceny na kus při obrábění renovovaným nástrojem nového typu:

Skutečný počet kusů obrobených nástrojem nového typu za stanovenou trvanlivost =  $SPk_{PNR}$

Cena za kus při obrábění nástrojem nového typu =  $SCk_{NR}$

Cena renovace nástroje nového typu –  $Cr_N$

Cena renovace nástroje nového typu = **4233 € → 114015,86 Kč**

Skutečný počet kusů obrobených nástrojem nového typu za stanovenou trvanlivost = **70000 ks**

$$SCk_{NR} = \frac{C_{RN}}{SPk_{PNR}}$$

$$SCk_{NR} = \frac{4233}{70000}$$

$$SCk_{NR} = 0,060\text{€}$$

Cena za jeden kus při skutečných podmínkách a při obrábění nástrojem nového typu je **0,060€ → 1,61 Kč**.

### 4.8 Porovnání životnosti, určení počtu nástrojů a stanovení ceny u nového i starého typu nástroje

#### 4.8.1 Porovnání životnosti nástrojů

Průměrná trvanlivost nástroje starého typu –  $T_S$

Dosažená trvanlivost nástroje nového typu –  $T_N$

Porovnání trvanlivostí –  $P_T$

Počet kusů vyrobených za rok 2016 –  $P_K$

Počet kusů vyrobených za rok 2016 = **310990 ks**

Průměrná trvanlivost nástroje starého typu = **1256 min**

Dosažená trvanlivost nástroje nového typu = **7000 min**

$$P_T = \frac{T_N}{T_S}$$

$$P_T = \frac{7000}{1256} \cdot 100$$

$$P_T = 557,32\%$$

Porovnání trvanlivostí starého a nového typu nástroje je takové, že nástroj nového typu má přibližně 5,5x větší trvanlivost než starý typ.

#### 4.8.2 Určení počtu nástrojů starého typu potřebných k výrobě ročního množství kusů

Skutečný počet kusů obrobených nástrojem starého typu za stanovenou trvanlivost =  $SPk_{PS}$

Počet kusů vyrobených za rok 2016 –  $P_K$

Počet nástrojů potřebných k výrobě 310990 ks –  $P_{NS}$

Skutečný počet kusů obrobených nástrojem starého typu za stanovenou trvanlivost = **8971 ks**

Počet kusů vyrobených za rok 2016 = **310990 ks**

$$P_{NS} = \frac{P_K}{SPk_{PN}}$$

$$P_{NS} = \frac{310990}{8971}$$

$$P_{NS} = 34,66 \text{ ks}$$

K obrobení 310990 ks by bylo potřeba **35 ks** nástrojů starého typu.

#### 4.8.3 Určení počtu nástrojů nového typu potřebných k výrobě ročního množství kusů

Skutečný počet kusů obrobených nástrojem nového typu za stanovenou trvanlivost –  $SPk_{PN}$

Počet kusů vyrobených za rok 2016 –  $P_K$

Počet nástrojů potřebných k výrobě 310990 ks –  $P_{NN}$

Skutečný počet kusů obrobených nástrojem nového typu za stanovenou trvanlivost = **70000 ks**

Počet kusů vyrobených za rok 2016 = **310990 ks**

$$P_{NN} = \frac{P_K}{SPk_{PN}}$$

$$P_{NN} = \frac{310990}{70000}$$

$$P_{NN} = 4,44 \text{ ks}$$

K obrobení 310990 ks by byla potřeba **5 ks** nástrojů nového typu.

#### 4.8.4 Porovnání cen při výrobě ročního množství kusů – Starý typ nástroje

Při výrobě nástrojem starého typu, jeho pořizovací cenou a množstvím spotřebovaných nástrojů lze určit náklady:

Cena nástroje starého typu –  $C_{SN}$

Cena renovace nástroje starého typu –  $Cr_S$

Počet nástrojů potřebných k výrobě –  $P_{NS}$

Cena za nové nástroje potřebné k obrobení ročního množství kusů –  $Cn_{KS}$

Cena za nástroje potřebné k obrobení ročního množství kusů –  $C_{KS}$

Cena starého nástroje = **6273,5 € → 168976,72 Kč**

Cena renovace nástroje starého typu = **689,5 € → 18571,68 Kč**

$$Cn_{KS} = P_{NS} \cdot C_{SN}$$

$$Cn_{KS} = \frac{35 \cdot 6273,5}{47}$$



$$Cn_{KS} = 219572,5 \text{ €}$$

Cena za použití nových 35 nástrojů je  $219572,5 \text{ €} = 5914186,28 \text{ Kč}$

#### **Renovované nástroje starého typu:**

Vzhledem k tomu že výroba probíhá na třech frézách je nutno počítat s 6 nástroji novými a 29 následně regenerovanými:

$$C_{KS} = 6 \cdot C_{SN} + 29 \cdot Cr_S$$

$$C_{KS} = 6 \cdot 6273,5 + 29 \cdot 689,5$$

$$C_{KS} = 57636,5 \text{ €}$$

Cena za reálné použití nástrojů starého typu je  $57636,5 \text{ €} = 1552439,13 \text{ Kč}$

#### **4.8.5 Porovnání cen při výrobě ročního množství kusů – nástroj nového typu**

Při výrobě nástrojem nového typu, jeho pořizovací cenou a množstvím spotřebovaných nástrojů lze určit náklady:

Cena nástroje nového typu –  $C_{NN}$

Cena renovace nástroje nového typu –  $Cr_N$

Počet nástrojů potřebných k výrobě –  $P_{NN}$

Cena za nové nástroje potřebné k obrobení ročního množství kusů –  $Cn_{KN}$

Cena nástroje nového typu =  $8483 \text{ €} \rightarrow 228489,61 \text{ Kč}$

Cena renovace nástroje nového typu =  $4233 \text{ €} \rightarrow 114015,86 \text{ Kč}$

$$Cn_{KN} = P_{NN} \cdot C_{NN}$$

$$Cn_{KN} = 5 \cdot 8483$$

$$Cn_{KN} = 42415 \text{ €}$$

Cena za použití nových 5 nástrojů je  $42415 \text{ €} = 1142448,03 \text{ Kč}$

Pokud bude výroba probíhat na všech třech strojích najednou, není třeba pořizovat další nástroje jako u nástrojů starého typu. Protože je u nástrojů nového

typu jistota stálosti, stihne se proces regenerace dřív, než se opotřebí ty další, což se u nástrojů starého typu nedá tvrdit. U nástroje nového typu se cena rapidně sníží až v dalším roce jeho používání, jelikož nebude třeba pořizovat nástroj nový, ale používat nástroj regenerovaný. Výpočty týkající se této možnosti jsou uvedeny v bodech **4.8.6 a 4.8.7**.

#### **4.8.6 Porovnání cen při výrobě ročního množství kusů**

##### **pouze renovovanými nástroji starého typu**

Výpočet ceny, pokud by byly ve výrobě použity pouze renovované nástroje a počty výrobků shodné s těmi z roku 2016:

Cena renovace nástroje starého typu –  $Cr_s$

Počet nástrojů potřebných k výrobě –  $P_{NS}$

Cena za renovované nástroje starého typu potřebné k obrobení ročního množství kusů –  $Cnd_{KS}$

Cena renovace nástroje starého typu = 689,5 € → 18571,68 Kč

$$Cnd_{KS} = P_{NS} \cdot Cr_s$$

$$Cnd_{KS} = 35 \cdot 689,5$$

$$Cnd_{KS} = 24132,5 \text{ €}$$

Cena za použití 35 renovovaných nástrojů je 24132,5 € = 650008,88 Kč

#### **4.8.7 Porovnání cen při výrobě ročního množství kusů**

##### **pouze renovovanými nástroji nového typu**

Cena renovace nástroje nového typu –  $Cr_N$

Počet nástrojů potřebných k výrobě –  $P_{NN}$

Cena za renovované nástroje nového typu potřebné k obrobení ročního množství kusů –  $Cnd_{KN}$

Cena renovace nástroje nového typu = 4233 € → 114015,86 Kč

$$Cnd_{KN} = P_{NN} \cdot Cr_N$$

$$Cnd_{KN} = 5 * 4233$$

$$Cnd_{KN} = 21165 \text{ €}$$

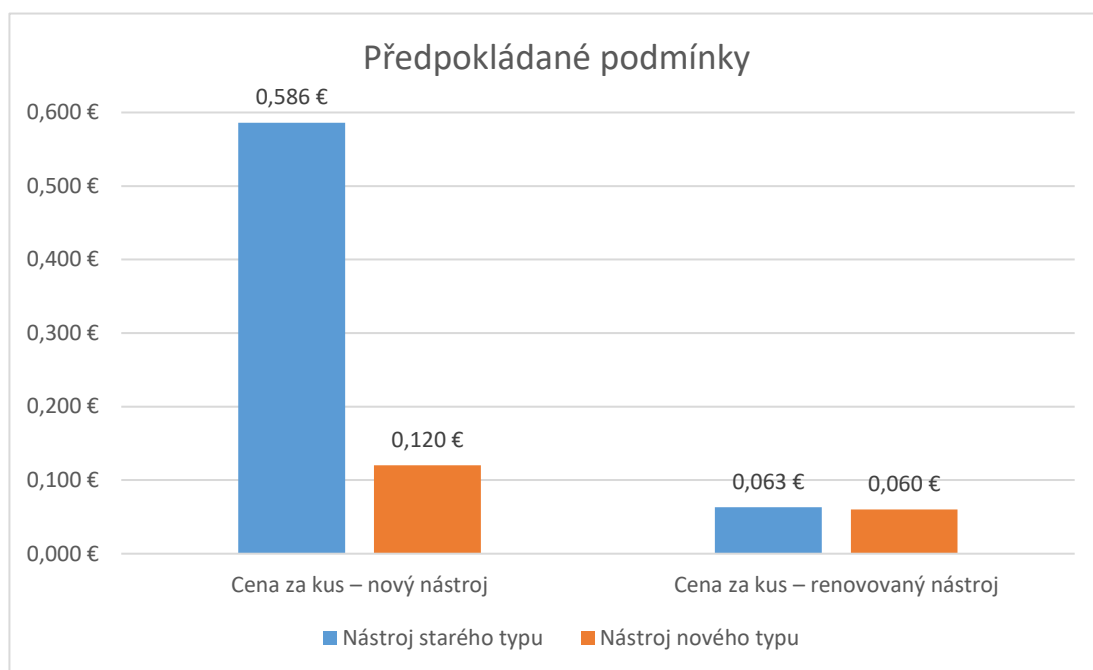
Cena za použití 5 renovovaných nástrojů je **21165 € = 570079,3 Kč**

#### 4.9 Porovnání výsledků

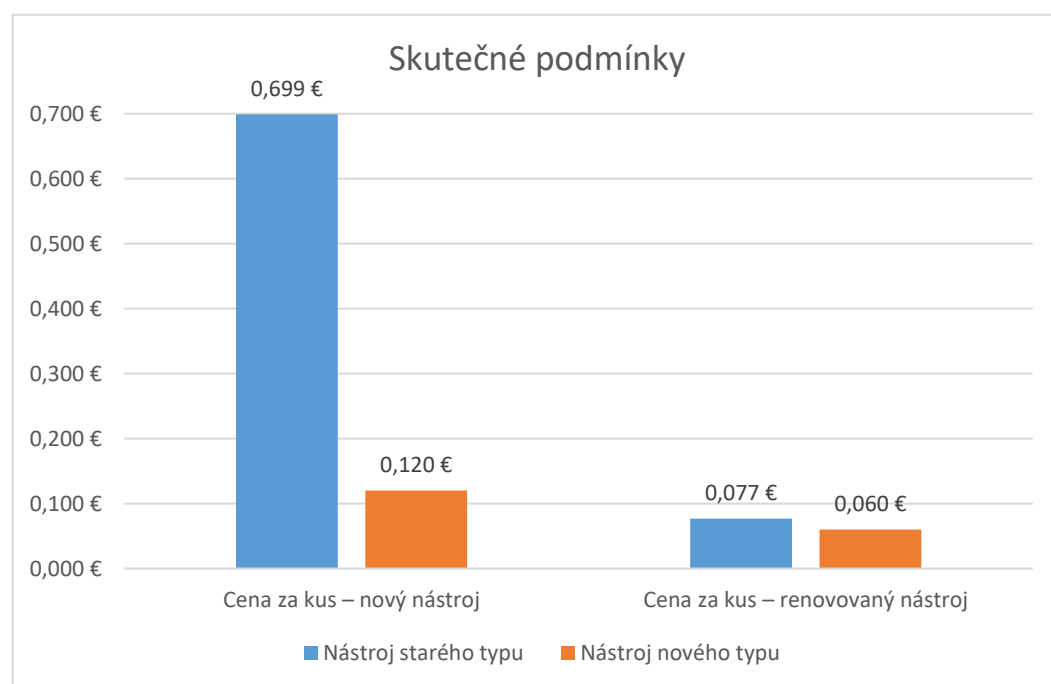
-	Nástroj starého typu	Nástroj nového typu
<b>Cena za kus – nový nástroj</b>	0,699 €	0,12 €
<b>Cena za kus – renovovaný nástroj</b>	0,077 €	0,060 €
<b>Cena nástroje</b>	6273,5 €	8483 €
<b>Cena renovace</b>	689,5 €	4233 €
<b>Cena za roční spotřebu nástrojů</b>	57636,5 €	42415 €
<b>Cena za roční spotřebu nástrojů – následující rok po zavedení</b>	<b>24132,5 €</b>	<b>21165 €</b>

Tab. 4.9.1 Shrnutí výsledků

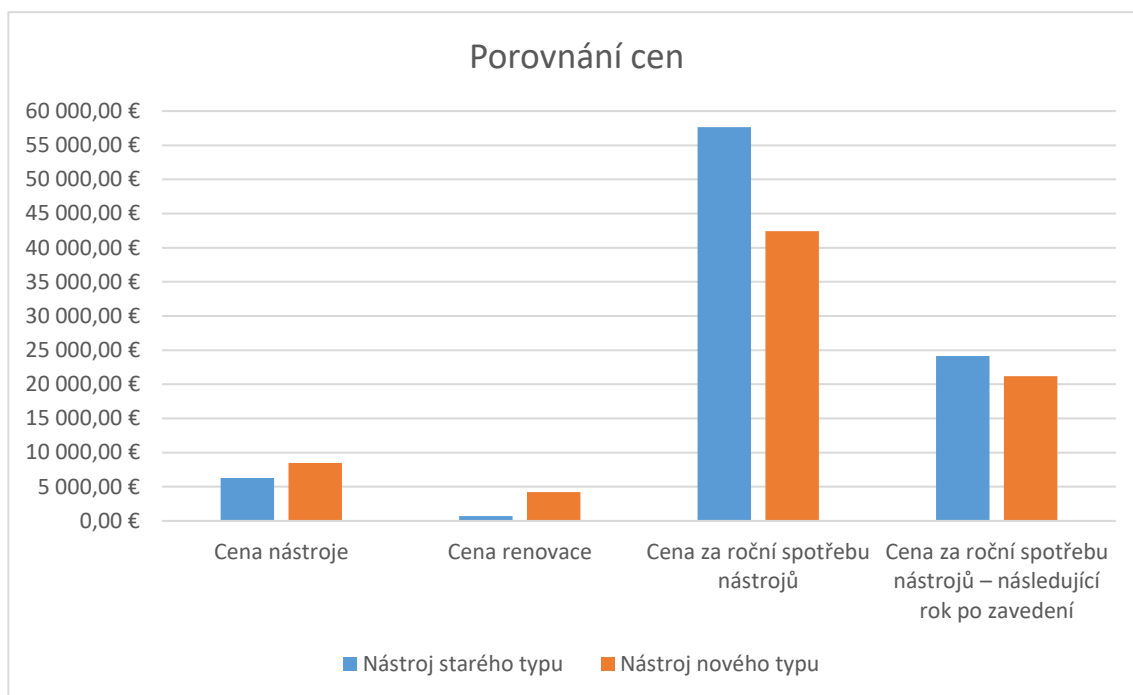
Dle vypočtených hodnot byla sestavena tab. 4.9.1. V ní je znázorněna cena jednotlivých položek a vypočtena celková cena nástrojů za jeden rok. Vypočtené ceny jsou pouze orientační, jelikož množství kusů se může lišit, avšak i tak lze vidět vysoký rozdíl v cenách nástrojů, a tedy dostatečné množství ušetřených finančních prostředků. V grafech 4.9.1, 4.9.2 a 4.9.3 je znázorněn rozdíl v cenách.



**Graf 4.9.1 Cena za kus při předpokládaných podmínkách**



**Graf 4.9.2 Cena za kus při skutečných podmínkách**



**Graf 4.9.3 Porovnání cen**

## 5. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo prokázat efektivitu nástroje nového typu. Výroba nástrojem nového typu probíhala souběžně s výrobou nástrojem starého typu, a proto bylo možno provést porovnání výroby oběma typy nástrojů a následné vyhodnocení.

Nejdříve bylo provedeno seznámení s nástrojovými materiály, výrobními materiály, použitými technologiemi a poté byly porovnány řezné podmínky obou nástrojů. Dále byly porovnány vlastnosti obou nástrojů a taky jejich vzhled.

V poslední kapitole byly provedeny výpočty, které byly hlavním cílem práce. Nejdříve byl vypočten počet kusů všech typů výrobků, které jsou ve firmě Brembo vyráběny v průběhu jednoho roku, poté průměrné množství za měsíc a nakonec součet všech vyrobených kusů. Jako další byl vypočten počet kusů na nástroj, tedy množství, které připadalo na výrobu nástrojem starého a nového typu. Firma Brembo měla stanovený předpokládaný průměr počtu kusů na nástroj, které jsou v práci uvedeny a které byly dodrženy pouze u nového nástroje. Dále následoval výpočet pro oba druhy nástroje, tedy cena za kus při předpokládaných podmínkách a při výrobě jak novým, tak i renovovaným nástrojem. Poté byla zjištěna a vypočtena skutečná cena při obrábění nástrojem starého i nového typu, a to jak novým, tak i renovovaným nástrojem. Dále proběhlo porovnání životnosti, ceny a počtu použitých nástrojů za rok a z nich byly stanoveny konečné výsledky. Při srovnání výsledků bylo zjištěno, že zavedení nástroje nového typu bude ekonomičtější jak při zavedení, tak i při použití během dalších let. Přestože jsou pořizovací náklady vyšší než u nástroje starého typu, výpočty prokázaly, že zavedení nástroje nového typu je dobrý tah vzhledem k počtu užitých nástrojů a jejich výkonnosti. Přepočet efektivity na jednoho zaměstnance a úspora strojního času jsou počítány firmou Brembo. Nebyly tedy předmětem bakalářské práce. Veškeré ceny jsou uvedeny v eurech, protože je to hlavní měna používaná firmou Brembo.

- [1] Úvodní informace. *Brembo s.r.o* [online]. [cit. 2017-02-13]. Dostupné z: <http://www.brembo.com/en/car/original-equipment>
- [2] MRKVICA, Ivan. *Návody ke cvičení z obráběcích nástrojů*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1999. ISBN 80-7078-624-8, str. 26-29.
- [3] KVASNIČKA, I.: *Řezné materiály pro obráběcí nástroje* (1). Technika1/1998, str. 29-30
- [4] HUMÁR, A.: *Slinuté karbidy – progresivní řezné materiály*. MM-Průmyslové spektrum, 4/1998, str. 40-41
- [5] VYTLAČIL, M.: Mašín, I.: *Vývojové tendence a směry v oblasti řezných nástrojů na 8. EMO Hannover*. Strojírenský výroba 5/1990, str. 21-27
- [6] MÁDL, J.: *Teorie obrábění pro experimentální výuku. Otupování bříty, trvanlivost*. Praha, ČVUT, 1980, str. 42
- [7] MRKVICA, I.: *Využití progresivních nástrojových materiálů při obrábění ozubených kol*. Doktorandská disertační práce, Ostrava, VŠB-TU, 1997, str. 82
- [8] THEODORE, G.: *Aluminum. In: Periodictable* [online]., 2004 [cit. 2017-02-21]. Dostupné z: <http://www.periodictable.com/Items/013.18/index.html>
- [9] DAVIS, J. R. *Alloying: understanding the basics*. Materials Park, OH: ASM International, 2001. ISBN 0871707446, str. 351-356.
- [10] MICHNA, Š., LUKÁČ, I., OČENÁŠEK, V., KOŘENÝ, R., DRÁPALA, J., CHNEIDER, H., MIŠKUFOVÁ, A. *Encyklopedie hliníku*. Prešov: Adin, s. r. o, 2015. 722 s. ISBN 80-89041-88-4, str. 136-138.
- [11] Opatřebení nástroje. *SANDVIK Coromant* [online]. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: [http://www.sandvik.coromant.com/cz-cz/knowledge/milling/troubleshooting/tool\\_wear/pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/cz-cz/knowledge/milling/troubleshooting/tool_wear/pages/default.aspx)
- [12] Chemické složení AlSi7Mg. *Trimet Prag s.r.o.* [online]. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: [http://www.trimet.cz/cz/sv\\_EN\\_AB-42000.php](http://www.trimet.cz/cz/sv_EN_AB-42000.php)

- [13] Obráběcí stroj: SW-BA W06. *SW-machines* [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.sw-machines.com/en/products/non-ferrous-metal-machining/ba-w06/>
- [14] ČEP, Robert.: *TECHNOLOGIE II* [elektronická skripta]. [cit. 2017-03-31]. Dostupné z: [http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta\\_Technologie\\_II\\_1dil.pdf](http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_1dil.pdf)
- [15] Šimovič, P.: *Prehľad výroby okuliarových šošoviek*, Sagitta s.r.o.: Bratislava, 2012.
- [16] JAHNKE, K. D., B. NAYDENOV, T. TERAJI, S. KOIZUMI, T. UMEDA, J. ISOYA a F. JELEZKO. *Long coherence time of spin qubits in 12 C enriched polycrystalline chemical vapor deposition diamond* [online]. [cit. 2017-03-31]. DOI: 10.1063/1.4731778. ISBN 10.1063/1.4731778. Dostupné z: <http://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.4731778>
- [17] Synthetic diamonds. *Diamond abrasives* [online]. 2014 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://diamondabrasives.eu/synthetic-diamonds/>
- [18] VBD ze SK. In: *SANDVIK Coromant* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/news/pages/default.aspx>
- [19] VBD ze SK. *MSC direct* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <https://www.mscdirect.com/product/details/49455686>
- [20] VÝKRESY NÁSTROJŮ. *Vnitropodnikový material*. [cit. 2017-04-08]. Dostupné v příloze



## **Seznam příloh**

Příloha 1. – výkres nástroje starého typu – 10Z.0000.610.01.3

Příloha 2. – výkres nástroje nového typu – 56W6R160030BCA11